SOC
7084

HARVARD UNIVERSITY

LIBRARY

OF THE

Museum of Comparative Zoology

Pzj-S

MUS. COMP. ZOOL
LIBRARY
FEB - 2 1961
HARVARD
UNIVERSITY

MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

QUATRIÈME SÉRIE — TOME DEUXIÈME — MÉMOIRE N° 8

ÉTUDE GÉOLOGIQUE

SUR LE PROJET DE

BARRAGE DU HAUT-RHÔNE

FRANÇAIS

A GÉNISSIAT (PRÈS DE BELLEGARDE)

PAR

Maurice LUGEON

Avec 31 coupes, schémas ou vues dans le texte, 3 planches de coupes et plans et 4 planches de vues photographiques

PARIS

AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

28, RUE SERPENTE, VI

1912

MÉMOIRES DE GÉOLOGIE DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

en vente au siège de la Société

Première Série (1833-1843)

Tome I. — Deuxième partie (1834)..... Fr. 8

10. Desgenevez. Observations sur le Cantal, le Mont-Dore et la composition des roches volcaniques. 22 p., 1 pl. — 11. Reboul. Mémoires sur les terrains de comblement tertiaires. 18 p. — 12. Boué. Coup-d'œil d'ensemble sur les Carpathes, le Marmarosch, la Transylvanie et certaines parties de la Hongrie, rédigé en grande partie d'après les notes de voyage de M. Lill de Lilienbach. 22 p., 1 carte. — 13. Lill de Lilienbach. Journal d'un voyage géologique fait à travers toute la chaine des Carpathes, en Bukowine, en Transylvanie et dans le Marmarosch. 80 p., 3 pl. — 14. Bertrand-Geslin. Notice géognostique sur l'île de Noirmoutier (Vendée). 14 p. 1 pl. — 15. Jean Steininger. Observations sur les fossiles du calcaire intermédiaire de l'Eifel. 42 p., 4 pl.

Tome II. — Première partie (1835)..... Fr. 8

1. Levallois. Identité des formations qui séparent dans la Lorraine et la Souabe le calcaire à Gryphites (Lias) du Muschelkalk. 28 p. — 2. Léveillé. Aperçu géologique de quelques localités très riches en coquilles sur les frontières de France et de Belgique. 12 p., 2 pl. — 3. Toulmouche. Note explicative de la carte géologique du département d'Ille-et-Vilaine. 2 p., 1 carte. — A. Boué. Aperçu sur la constitution géologique des Provinces Illyriennes. 48 p., 1 pl. — 5. C. Prévost. Notes sur l'île Julia pour servir à l'histoire de la formation des montagnes volcaniques. 38 p., 3 pl.

Tome III. — Première partie (1838)..... Fr. 4

1. de Verneuil. — Mémoire géologique sur la Crimée. 36 p. — 2. Deshayes. Description des coquilles fossiles recueillies en Crimée par M. de Verneuil et observations générales à leur sujet. 34 p., 6 pl. — 3. Pissis. Mémoire sur les formations stratifiées du midi de l'Auvergne. 16 p., 2 pl. — 4. G. Troost. Description d'un nouveau genre de fossile. 10 p., 3 pl. — 5. Michelin. Note sur une argile dépendant du Gault, observée au Gaty, commune de Gérodot (Aube). 8 p., 1 pl. — 6. de Buch. Traduit par H. Le Cocq. Essai d'une classification et d'une description des Térébratules (Première partie). 74 p., 4 pl.

Tome III. — Deuxième partie (1839)..... Fr. 4

6. de Buch. Traduit par Le Cocq. Essai d'une classification et d'une description des Térébratules (Deuxième partie) 60 p., 4. pl. — 7 Thorent. Mémoire sur la constitution géologique de la partie Nord du département de l'Aisne et de l'extrémité Sud du département du Nord. 22 p., 2 pl. — 8. d'Archiac. Observations sur le groupe moyen de la formation crétacée. 52 p. — Leymerie. Mémoire sur la partie inférieure du système secondaire du département du Rhône. 66 p., 2 pl. — 10. Studer. Mémoire sur la carte géologique des chaînes calcaires et arénacées entre les lacs de Thun et de Lucerne. 24 p., 1 pl.

Tome IV. — Première partie (1840)..... Fr. 6

1. A. d'Orbigny. Mémoire sur les Foraminifères de la craie blanche du bassin de Paris. 52 p., 4 pl. — 2. Rozet. Mémoire géologique sur la masse de montagnes qui séparent le cours de la Loire de ceux du Rhône et de la Saône. 100 p., 3 pl. — 3. L. de Buch. Traduit par Le Cocq. Essai d'une classification et d'une description des *Delthyris* ou *Spirifer* et *Orthis*. 76 p., 5 pl.

Tome IV. — Deuxième partie (1841)..... Fr. 6

4. J. Cornuel. Mémoire sur les terrains crétacé inférieur et supra-jurassique de l'arrondissement de Vassy (Haute-Marne). 62 p., 3 pl. — 5. Leymerie. Mémoire sur le terrain crétacé du département de l'Aube, contenant des considérations générales sur le terrain néocomien. 74 p., 2 pl.

Tome V. — Première partie (1842)..... Fr. 6

1. Leymerie. Suite du Mémoire sur le terrain crétacé du département de l'Aube. 34 p., 18 pl. — 2. Viquesnel. Journal d'un voyage dans la Turquie d'Europe. 94 p., 3 pl.

Tome V. — Deuxième partie (1843)..... Fr. 10

3. d'Archiac. Description géologique du département de l'Aisne. 292 p., 4 tabl., 11 pl.

Deuxième Série (1844-1877)

Tome VI. — Première partie (1856)..... Fr. 12

1. J. Durocher. Etudes sur la structure orographique et la constitution géologique de la Norvège, de la Suède et de la Finlande. 208 p., 3 pl.

Tome VII (1860-1862).

1. J. Martin. Paléontologie stratigraphique de l'Infralias du département de la Côte-d'Or, suivie d'un aperçu paléontologique sur les mêmes assises dans le Rhône, l'Ardèche et l'Isère (Epuisé). — 2. Michelin. Monographie des Clypéastres fossiles. 48 p., 28 pl. (Fr. 6). — 3. Albert Gaudry. Géologie de l'île de Chypre. (Epuisé).

MAURICE LUGEON

ÉTUDE GÉOLOGIQUE

SUR LE

PROJET DE BARRAGE DU HAUT-RHÔNE

Châteauroux. — Imprimerie Langlois, 110, rue Grande

MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

Quatrième Série — Tome deuxième — Mémoire n° 8

ÉTUDE GÉOLOGIQUE

SUR LE PROJET DE

BARRAGE DU HAUT-RHÔNE

FRANÇAIS

A GÉNISSIAT (PRÈS DE BELLEGARDE)

PAR

Maurice LUGEON

PARIS

AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

28, Rue Serpente, VI^e^

1912

MUS. COMP. ZOOL
LIBRARY
FEB - 2 1961
HARVARD
UNIVERSITY

ÉTUDE GÉOLOGIQUE
SUR LE PROJET DE BARRAGE DU HAUT-RHÔNE FRANÇAIS
A GÉNISSIAT, PRÈS DE BELLEGARDE

PRÉFACE

Dans le courant de l'année 1909, sur la recommandation de M. A. Michel-Lévy, membre de l'Institut, directeur du Service de la Carte géologique de la France, je fus appelé comme géologue-conseil pour étudier un projet de barrage du Haut-Rhône français à Génissiat, en aval de Bellegarde.

Dès lors, à côté de mes recherches de géologie alpine, j'ai consacré bien des journées à l'étude de ce projet. J'ai déjà, dans deux publications, fait connaître les résultats de mes observations. En outre, par des conférences dans des cercles privés, mais où les portes avaient été largement ouvertes au public, j'ai exposé, au fur et à mesure de l'avancement des travaux, ce que je pouvais dire sur les résultats acquis.

De plusieurs côtés, aussi bien par les ingénieurs que par les géologues, je suis sollicité de rendre publics ces résultats, qui ont fait l'objet de plusieurs rapports manuscrits adressés au Comité du Haut-Rhône et communiqués par lui aux administrations intéressées.

Ce comité m'a autorisé à publier ici l'ensemble de ces études. Quelques questions restent encore à traiter, mais elles n'ont pas l'importance des faits acquis actuellement. L'heure est donc venue de publier nos résultats.

La Société géologique de France a bien voulu prendre sous son haut patronage une de mes conférences, celle du 11 décembre 1911, à Paris. Elle a montré ainsi tout l'intérêt qu'elle attache aux applications de la géologie et à la méthode du géologue praticien. Le présent travail, publié dans ses *Mémoires de Géologie*, sera lu non seulement par ceux que le grand projet de Génissiat intéresse plus ou moins directement, mais aussi par tous ceux que préoccupe la mise en valeur d'une source considérable de richesses appartenant à la nation.

Les opinions exprimées dans ce mémoire me sont néanmoins toutes personnelles et n'engagent en rien la Société géologique de France. En effet, ce projet de Génissiat a soulevé de nombreuses critiques : j'en ai eu ma bonne part et elles ont eu pour moi cet excellent résultat de m'obliger à préciser mes recherches et ma pensée. Je serai donc amené dans la suite de ces pages à examiner avec la plus grande attention les arguments qui m'ont été opposés.

Il me reste à remercier mes collaborateurs et en première ligne le Comité du Haut-Rhône, représenté par M. l'ingénieur A. Alby, qui m'a toujours laissé une entière liberté, se prêtant à tous mes désirs alors même qu'aucun intérêt pratique ne paraissait les justifier ; puis mon aide, M. Villemagne, conducteur des Ponts et Chaussées, continuellement sur la brèche, ne comptant pas ses heures de fatigue et de patience : enfin M. Seligmann, le dévoué secrétaire du Comité du Haut-Rhône.

Puisse mon effort aider à la réalisation de ce grandiose projet, conçu par le génie des ingénieurs français.

Lausanne, le 25 juin 1912.

MAURICE LUGEON,
PROFESSEUR DE GÉOLOGIE A L'UNIVERSITÉ
ET A L'ECOLE DES INGÉNIEURS DE LAUSANNE.

BIBLIOGRAPHIE

BLONDEL, HARLÉ et MÄHL. — Projet de transport d'énergie électrique du Rhône à Paris avec aménagement du Haut-Rhône pour la navigation internationale.

Ville de Paris. — Commission de la *Houille Blanche*. Projet d'utilisation des forces motrices du Rhône, dressé par MM. BLONDEL, HARLÉ et MÄHL et présenté par M. HARLÉ. Rapport. Avis de la Commission, Paris 1908.

Voir aussi R. DE LA BROSSE, Aménagement de l'énergie du Haut-Rhône, en vue de l'alimentation de Paris. *C. R. A. F. A. S.*, 1908.

ARMAND. — Amélioration de la Navigabilité du Rhône. *Id.*

A. ALBY. — Note sur l'industrie de l'énergie électrique. *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale*, Paris, juillet 1907.

Dr PIQUET. — Conférence sur le Haut-Rhône français et son avenir, faite dans la salle d'école de Génissiat (Ain), le 19 février 1911. Bellegarde, librairie Lucien Michaux.

MAURICE LUGEON. — Projet de captation du Haut-Rhône français ; conférence faite le 10 mai 1911 devant la Société d'Agriculture, Sciences et Industrie de Lyon. *La Houille Blanche*, Juin 1911.

DE VALBREUZE. — Id. (Production et transmission de l'énergie). *La Houille blanche*, Juin 1911.

Utilisation du Haut-Rhône français. Etude sur le projet de Génissiat. — Rapport présenté par M. l'ingénieur BOCHET à l'Association française pour le développement des Travaux publics ; Conférence faite à Genève par MAURICE LUGEON, devant l'Association des anciens élèves de l'Ecole polytechnique ; Observations du Comité d'Etudes. *Paris*, Avril 1912.

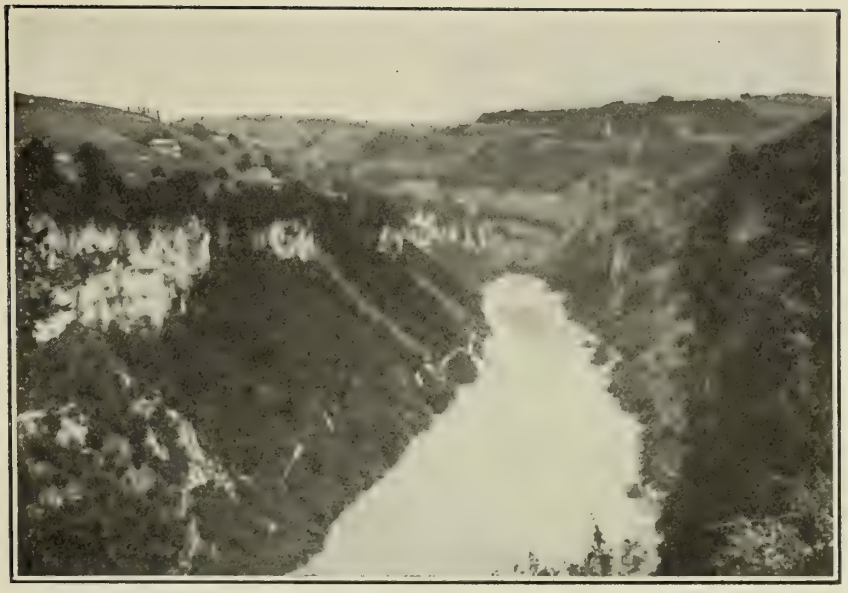


Fig. 1. — Le cañon du Rhône a l'emplacement du barrage

CHAPITRE I

LE COURS DU RHÔNE ET LES PROJETS D'AMÉNAGEMENT

I. — Description sommaire du cours du Haut-Rhône de la frontière en aval de Bellegarde

Aucun grand fleuve de France, à débit égal, ne présente, comme le Haut-Rhône, sur un parcours relativement restreint, une pente moyenne aussi considérable.

Il est utile que nous jetions un rapide regard sur le profil en long du cours d'eau dès son entrée sur le sol de France jusqu'à quelques kilomètres en aval de Bellegarde (fig. 2, 5, 6).

Après s'être écoulé dans le pays de Genève, sortant du Léman à la cote de 372,087, le fleuve est mitoyen entre la France et la Suisse sur 6 km. 5. Lorsqu'il possède ses deux rives françaises, son remous est à l'altitude de 334 mètres.

A environ 4 km. 5 en aval, le fleuve passe sous le Pont Carnot (Pont de Savoie) et s'engage dans le superbe défilé du Fort de l'Ecluse (fig. 4 ; p. 16). Sa pente augmente immédiatement dans cette traversée du chaînon jurassien du Reculet-Vuache. Sorti de la gorge, le fleuve prend une direction méridienne. Il laisse de côté un ancien thalweg engorgé de matériaux glaciaires et dont, tour à tour, ont parlé Schardt et Kilian [1].

1. Kilian (W.). Contribution à l'histoire de la vallée du Rhône, à l'époque pleistocène. Le défilé du Fort de l'Ecluse (Ain). *Zeitschrift fur Gletscherkunde*, bd VI, 1911.

Schardt, Déviations glaciaires de cours d'eau. *IX^e Congrès géogr. international.* Genève, 1908.

Toujours profondément encaissé, le fleuve décrit une grande boucle en s'engageant dans un premier cañon taillé dans les grès tendres molassiques. Le cours est parfois si restreint que, sous Grésin, un pont d'une seule arche peut le franchir. C'est dans cet étroit défilé qu'on a songé, pendant un certain temps, à créer un premier barrage.

Près de Coupy, le Rhône coupe les sables et les argiles du Gault. Tout à coup son lit se contracte, il se précipite dans un étroit chenal où, aux basses eaux, il disparaît complètement. C'est la Perte du Rhône, célèbre par elle-même et par les descriptions de Saussure et de Renevier (fig. 7 ; p. 20).

Dans la région internationale, la pente moyenne est de 1,91 par kilomètre ; dans la région française, jusqu'à la Perte du Rhône, la pente moyenne est de 2,07, c'est donc une première chute inutilisée, entièrement française, de 29 mètres environ.

Fig. 2. — Carte de la région du Haut-Rhône

Le phénomène de la Perte du Rhône est trop connu pour que nous nous y arrêtions. Sur une longueur de un kilomètre environ, entre le barrage actuel de Bellegarde et le confluent de la Valserine, la chute est de 14 mètres. Une usine utilise partiellement le débit du fleuve en ce point.

A partir du confluent de la Valserine, le Rhône s'engage dans un véritable cañon. La pente du fleuve s'accentue. Sur une longueur de 7 km. 6, la pente totale est de 26 mètres, soit par kilomètre, 3 m. 42. Mais dans cette région, la pente est loin d'être uniforme, ainsi que le diamètre transversal du fleuve.

Très étroit immédiatement en aval du confluent avec la Valserine, le Rhône s'élargit un peu, mais est encore assez contracté sous le village d'Arlod pour être franchi par une simple passerelle métallique (fig. 3). A Malpertuis la veine liquide se contracte encore. Il

y a des rapides, du reste très courts, et le Rhône, en aval des rapides, est si étroit, qu'aux basses eaux, il a moins de 2 mètres de large. Et cependant, dans ce défilé, l'eau marche avec tranquillité, superficiellement tout au moins, ce qui laisse supposer des profondeurs considérables. Entre des parois à pic, le fleuve, encombré par places par des blocs éboulés, fait une courte chute à la Glière (planche IV), s'étale un peu au lieudit Le Paradis, puis s'engage à nouveau dans un étroit couloir, le défilé de Monthoux, à l'extrémité aval duquel se trouvait jadis une passerelle. Dans ce défilé, le fleuve a moins de 10 mètres de large. A partir du Paradis, la pente s'adoucit et à la sortie de la passe de Monthoux

Fig. 3. — Passerelle sous Arlod

(fig. 11 ; p. 30), le fleuve s'étale un peu, sans que sa largeur dépasse guère une cinquantaine de mètres aux basses eaux. Il arrive ainsi au pied du rocher sur lequel s'élève l'ancien château de Génissiat (fig. 30 ; p. 92). C'est là qu'autrefois s'arrêtait la batellerie. En aval, le fleuve s'écoule encore, sur quelques kilomètres, entre des parois calcaires, puis, à partir de Pyrimont, son lit est entièrement taillé dans la molasse.

A Génissiat, aux eaux moyennes, la cote du Rhône est de 262,98. Sur le territoire français la chute est donc d'environ 70 mètres, dont 13 sont seuls utilisés à Bellegarde pour 60 mètres cubes, ce qui est loin du débit du plus bas étiage journalier. 90 0/0 de l'énergie du fleuve sont perdus. Et le mode actuel de cette faible utilisation rend impossible l'amélioration du fleuve pour la navigation.

II. — Hydrologie du Rhône

Le Rhône, en amont de son confluent avec la Saône, présente le type des fleuves alpins, avec une période de crues dont le maximum a lieu en juillet, et un régime d'étiage dont le minimum se fait sentir en janvier. C'est à peu près l'inverse des rivières dites séquaniennes, comme la Saône, dont la crue a lieu en avril et l'étiage en octobre. C'est ce mélange de deux régimes qui fait du Rhône, de Lyon à la mer, un fleuve assez semblable au Rhin, en aval de Bâle. L'existence des lacs ne suffit pas à amortir les crues intenses de l'été, ou les fontes rapides du printemps, mais il les tempère et, sous ce rapport, le Léman agit déjà comme régulateur, d'autant que les services industriels de la ville de Genève agissent pour maintenir au fleuve un minimum supérieur à l'étiage ancien, avant la construction du barrage de la Coulouvrenière.

Les variations annuelles du débit du Rhône sont heureusement bien connues. Dans sa traversée de Genève, le Rhône lémanien varie entre 600 et 100 mètres cubes. L'étiage descend cependant quelquefois au-dessous de ce dernier chiffre et particulièrement certains dimanches d'hiver, dont on profite pour relever un peu le niveau du lac de Genève.

A peine sorti de la ville de Genève, le Rhône reçoit l'Arve, laquelle voit son débit descendre exceptionnellement à 15 mètres, mais se maintenir en général autour de 60.

On peut donc compter sur 115 mètres cubes à l'étiage le plus exceptionnel pour le Rhône français. Une série de mesures ont du reste été faites par le bureau de l'*Hydrographie nationale suisse* (ancien Bureau hydrométrique fédéral) durant 9 ans, de 1899 à 1907, à la Plaine, en aval du confluent de l'Arve et du Rhône.

Voici les valeurs moyennes durant ces années, d'après M. l'ingénieur de la Brosse.

Débit :	120 m³	120 à 140	140 à 160	160 à 180	180 à 200	200 à 240	240 à 300	300 à 400	400 à 500	500 à 600	600
Jours :	10	28	38	38	23	35	28	53	43	49	20
		172					193				
		Au-dessous de la caractéristique moyenne					Au-dessus de la caractéristique moyenne				

Le débit *caractéristique moyen* (*q. m.*), c'est-à-dire le minimum assuré pendant au moins la moitié de l'année, varie entre 250 et 300 mètres cubes.

Le débit *caractéristique d'étiage* (*q. e.*), c'est-à-dire celui au-dessous duquel le débit effectif ne descend pas plus de 10 jours par an, varie entre 113 et 132 mètres cubes.

Le minimum annuel oscille entre 94 et 116 (entre 101 et 120 si l'on exclut les dimanches pour la raison donnée plus haut) ; sa durée est très courte.

C'est, en tout cas, le chiffre de 120 mètres cubes que l'on prendra en définitive comme caractérisant l'étiage du fleuve, et le chiffre de 240 environ que l'on considérera pour l'élément défini de la caractéristique moyenne.

III. — Les projets d'utilisation du Rhône pour la force et la navigation

Pour utiliser cette immense force que représente la chute de 70 mètres du Rhône en territoire français, plusieurs projets ont vu successivement le jour :

On songe d'abord à barrer le Rhône à Malpertuis (MM. Poncin et Supéry) pour obtenir une chute de 17 mètres produisant une force de 32 000 chevaux, puis ce projet est modifié par MM. Locher et C^ie^ et remplacé par un barrage à établir à Monthoux, à quelque cent mètres en amont du projet de Génissiat. La chute aurait été de 33 mètres. Puis l'on revient à Malpertuis, et une société, Planche et C^ie^, se forme, à laquelle se substitue la Société des forces hydrauliques de Malpertuis.

Mais la région en amont de la Perte du Rhône devait également attirer l'attention. Le Syndicat français des forces hydrauliques du Pont de Grésin et de la Boucle du Rhône propose d'établir au Pont de Grésin un barrage créant une chute de 20 à 40 000 chevaux en eaux moyennes.

D'autre part, la Société française des forces hydrauliques du Rhône, à Bellegarde, demande que sa concession de 60 mètres cubes soit étendue à tout le débit du fleuve, et elle propose, en amont de la Perte, l'élévation d'un grand barrage d'une trentaine de mètres de hauteur. Enfin, il est proposé de créer à Malpertuis un barrage haut d'environ 25 mètres.

Dès 1902, M. Emile Harlé présente des demandes successives. Un premier projet consistait à créer un barrage en amont du Pont Carnot ; par des souterrains longs de 10 km. 5, les eaux étaient amenées à Monthoux. Dans un deuxième projet, le barrage devait s'élever vers le Pont de Grésin. Il retenait une épaisseur de 25 mètres d'eau. La longueur des tunnels d'amenée était réduite à 4 km. 5.

C'est en 1906 que M. Harlé présente un nouveau projet consistant à élever à Génissiat un barrage de 76 mètres de haut. Toute la vallée du Rhône, jusqu'à la frontière, est transformée en un lac long de 23 kilomètres et couvrant une surface assez réduite de 380 hectares. Selon les périodes de crue ou d'étiage, une chute de 67 à 69 mètres est créée.

Le projet Harlé, Blondel et Mähl solutionne à la fois les deux problèmes à résoudre, celui de l'utilisation maxima de la force disponible et celui de la navigation du fleuve.

IV. — Avantages de la retenue

Les forces naturelles fluviales dont la France est très abondamment pourvue sont peu à peu toutes en voie d'aménagement. Les Alpes, les Pyrénées se couvrent d'un réseau serré d'usines génératrices dont la puissance, utilisée d'abord sur place, sort peu à peu des régions montagneuses et déverse au loin la force et la lumière.

De grands territoires, en dehors des montagnes, demandent à être alimentés ; mais, pour transporter sur de grandes étendues en haute tension la force électrique, et assurer

la rentabilité des entreprises, il est nécessaire que le nombre de chevaux débités par les dynamos soit considérable, et que le régime du débit soit stable d'un bout de l'année à l'autre. Il faut encore, pour satisfaire à la consommation irrégulière en lumière, posséder une source de force assez souple pour qu'on puisse en modifier à volonté la puissance journalière.

Seuls peuvent satisfaire à ces conditions de grands lacs, ou, à défaut de ces derniers, des bassins de retenue créés sur les fleuves par des barrages.

M. de la Brosse a calculé ce qu'il faudrait emprunter à la retenue créée par le barrage de Génissiat dans une année particulièrement critique. La fin de l'hiver 1905 ne pouvait être mieux choisie.

Voici l'exemple :

Du 1er février au 10 mars, le débit a été inférieur à 120 mètres cubes, sauf pendant 7 jours. Pour compenser le déficit quotidien, il aurait été nécessaire d'emprunter des quantités variant entre 4 et 26 mètres cubes par seconde.

On aurait vu la baisse suivante :

Du 1er au 24 février	1 mètre
Du 24 février au 1er mars	2 —
Du 1er mars au 5 mars	3 —
Du 5 mars au 12 mars	3 m. 96

A partir du 15 mars, le niveau serait remonté à 332 mètres. Si, pendant ces quarante jours, le service du dimanche avait demandé la somme réduite de 100 mètres cubes par seconde, la baisse n'eût été, le 7 mars, que de 2 m. 35.

L'effet de la retenue, montant le débit le plus faible de 94 mètres cubes le 19 février 1905 à 120 mètres cubes, donne un gain de 22 0/0.

La chute disponible est variable. Elle sera de 67 mètres aux hautes eaux, de 68 aux eaux moyennes et de 69 aux basses eaux.

Voici quelle sera la puissance disponible calculée sur une moyenne de 9 ans, toujours d'après M. de La Brosse :

	BASSES EAUX			EAUX MOYENNES			HAUTES EAUX			
Débit en m³	120	130	150	170	190	220	270	350	450	≥ 500
Durée en jours	10	28	38	38	23	35	28	53	43	69
Puissance nette en kw.	59 175	66 020	76 175	85 080	95 090	110 105	133 140	172 590	221 900	246 500

Une seule fois, dans ces neuf ans, la puissance serait tombée à 57 408 kilowatts, soit 78 000 chevaux.

Mais si la retenue permet déjà de franchir les mauvais jours, combien mieux permettra-t-elle de franchir la *pointe* quotidienne.

Cette puissance minima de 59 000 kilowatts ne sera pas utilisée uniformément pen

dant les 24 heures. Aux basses eaux, on aura la faculté considérable de faire la répartition suivante :

Pendant	12	heures.....	30 000 kilowatts
—	8	—	60 000 —
—	4	—	150 000 —

Demandons-nous ce que signifie dans l'année l'énorme énergie qui serait accumulée derrière ce rempart de Génissiat.

Pendant l'hiver, toujours en nous basant sur la moyenne de 9 ans, la moyenne journalière sera de 2 301 000 kilowatts-heures; pour l'année entière, le nombre de kilowatts-heures sera supérieur à 1 292 118 000.

Que représente cette énorme quantité d'énergie?

Si l'on brûle 1 kgr. 2 de houille pour un kilowatt-heure, la retenue de Génissiat rendra, par année, une puissance égale à celle que peuvent produire environ 1 500 000 tonnes de houille. Cette masse de charbon est égale à la moitié de la production du bassin de Lens ou d'Anzin, ou à la production totale de Blanzy. Cette comparaison est due à M. l'ingénieur Loucheur.

V. — Conditions nécessaires pour l'établissement d'un barrage

Les conditions auxquelles doit satisfaire l'établissement d'un grand barrage, celles qui doivent déterminer le choix de l'emplacement et les dispositions des ouvrages sont d'ordre divers.

Les unes ont un caractère d'absolue nécessité, ce sont celles qui concernent les questions de sécurité, stabilité de la construction et de ses appuis, conservation des ouvrages.

Les autres ont un caractère relatif: ce sont celles qui touchent aux considérations économiques, relation entre les dépenses et les avantages à retirer de l'opération au point de vue de l'utilisation de l'énergie et de la navigation.

Lorsqu'on se trouve en face d'un site particutier, il convient d'en examiner la convenance à ces divers points de vue, et d'étudier les conditions qu'il présente en se plaçant à chacun d'eux.

On peut distinguer dans un site de barrage :

1° Les conditions géographiques et topographiques ;

2° Les conditions géologiques.

Les conditions géographiques et topographiques ont fait, de la part des auteurs du projet et de la Commission de la Houille blanche [1], l'objet d'un examen approfondi. Sans

1. La Commission de la Houille blanche, nommée par arrêté du Préfet de la Seine en date du 5 novembre 1907, était composée de:

M. Maurice Lévy, membre de l'Institut, président ;

M. Félix Roussel, président du Conseil général de la Seine, vice-président ;

MM. Chassaigne-Goyon, Dausset, Duval-Arnoud, Evain, Landrin, Morel, Moreau, membres du Conseil municipal de Paris ;

y revenir, nous noterons cependant que le site qui permet d'accumuler le plus grand volume d'eau est celui qui assure au bief les meilleures conditions pour lutter contre l'alluvionnement, l'ennemi naturel de tous les lacs naturels ou artificiels. Nous noterons également les dispositions topographiques qui, permettant de séparer les ouvrages de décharge de l'ouvrage de retenue, sont éminemment favorables à la conservation du barrage. Il est, en effet, très avantageux de pouvoir éloigner du massif résistant les phénomènes érosifs qui accompagnent nécessairement toute grande chute d'eau et de placer ces phénomènes en des points où leurs effets soient localisés, surveillés et inoffensifs.

Les conditions géologiques sont très diverses. Elles ont une importance générale et locale.

Il faut que le bief que l'on veut créer soit étanche.

Les appuis doivent être particulièrement sains.

La limite inférieure des fondations doit être accessible aux travaux pneumatiques.

Avant d'aborder l'étude géologique détaillée du problème, nous rappellerons que les auteurs du projet, qui ont reconnu pour des raisons de convenance économique la supériorité d'un ouvrage établi près de Génissiat, ont étudié successivement quatre emplacements, celui d'aval faisant l'objet d'un double projet.

Voici quelles étaient les solutions (fig. 9, p. 23) :

Solutions I et II, barrage au droit du rocher du Château.
— III — — — Bouquet.
— IV — — — Cruchon.
— V — à l'amont — Cruchon.

Ce n'est pas ici le lieu de discuter les avantages et les inconvénients techniques de ces diverses solutions. Elles n'ont pour nous que la valeur de simple indication puisque nous aurons à envisager plus loin la possibilité géologique ou non de la construction.

Nous pouvons toutefois résumer, selon la Commission de la Houille blanche, les avantages et les inconvénients de l'emplacement du rocher Bouquet :

A. *Roche compacte d'apparence homogène et très favorable.*
B. *Lit bien ouvert donnant les facilités pour l'installation du chantier de fondation.*
C. *Conduites forcées réduites au minimum.*
D. *Entrée des bateaux bien isolée à l'aval et assez loin de la cascade.*

MM. de Pontich, Derouin, Desroys du Roure, Boreux, Lauriol, Locherer, directeurs ou attachés aux directions des services de la ville de Paris ;

MM. Charguéraud, Claveille, directeurs au Ministère des travaux publics ;

MM. Flamant, Résal, de la Brosse, Walkenaer, Armand, Delafond, inpecteurs généraux ou ingénieurs en chef des Ponts et Chaussées ou des Mines ; M. de Nerville, ingénieur des Postes et Télégraphes ;

MM. Cordier, Petsche, Maurice Leblanc, Chaigneau, Lorin, Boucher, Biles, ingénieurs-conseils ou administrateurs d'entreprises hydro-électriques.

Le rapport fut confié à une sous-commission de spécialistes présidée par M. Maurice Lévy. L'étude de la partie hydraulique fut confiée à MM. de la Brosse et Armand, M. Delafond s'occupa de la question géologique, MM. Lauriol et Maurice Leblanc de la partie électrique.

Le 9 juillet 1908, la Commission donnait un préavis favorable.

E. *Large débouché à l'aval dégageant bien les abords du barrage et de l'usine.*
F. *Aucune traversée du ravin (de la Dent) sous le canal.*
G. *Faible relief des ouvrages (5 m).*
H. *Usine rectiligne et extensible.*
I. *Pas de pont sur le canal.*
J. *Cascade déversant au loin de l'usine.*
K. *Usine transformatrice très bien placée.*
L. *Vastes extensions industrielles.*
M. *Sécurité des lignes de départ au-dessus du tunnel du Chemin de fer.*
N. *Voisinage immédiat de la station du Chemin de fer.*

Fig. 4. — Le défilé de l'Écluse

CHAPITRE II

LA CONSTITUTION GÉOLOGIQUE DES PAROIS DU BIEF

I. — La région amont et le défilé du Fort de l'Écluse

Le bief qui sera créé par la haute muraille de Génissiat noyera des terrains de constitutions diverses que nous allons examiner au double point de vue de leur étanchéité et de leur attaque par les eaux [1] (fig. 2, 5, 6).

Lorsque le fleuve possède ses deux rives françaises, son thalweg est entièrement taillé dans les terrains glaciaires et fluvioglaciaires. Les eaux baignent des alluvions anciennes, dont l'âge post-würmien a été nettement démontré par Kilian. Nulle part, dans cette région quaternaire, le fleuve ne présente de seuil rocheux. Nulle part, il n'a retrouvé son ancien lit interglaciaire rocheux, ni les parois de celui-ci, comme il le fait à plusieurs reprises dans le pays de Genève.

1. Voir la Carte géologique à 1/80 000, feuille *Nantua*, par Benoit.

C'est un peu en aval du Pont Carnot que le fleuve quitte la région glaciaire et fluvioglaciaire.

Dans ces territoires amont, le lac de Génissiat aura sa plus grande largeur, qui n'excèdera guère 600 mètres. Rien de spécial ne pourra survenir. Ici et là, sera-t-il peut-être utile de construire quelques petits murs protecteurs.

En aval du Pont Carnot, ou Pont de Savoie, le Rhône entre dans la gorge du Fort de l'Écluse (fig. 4), défilé taillé dans les couches très redressées du chaînon Reculet-Vuache, mais présentant sur les deux versants des placages de terrain quaternaire sur lesquels il est nécessaire que nous nous arrêtions.

En 1883, la ligne de Lyon-Genève, de la Compagnie du Chemin de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, fut victime d'un glissement important. Une section, longue d'environ 150 mètres, y compris un petit souterrain, fut entraînée dans le Rhône. Pendant plusieurs heures, le fleuve fut barré.

L'altitude de la voie est d'environ 370 mètres dans la région entraînée et on peut se demander si la surélévation du Rhône à la cote de 332, en noyant des talus qui furent instables, n'amènerait pas des perturbations dangereuses pour la voie.

Le 13 septembre 1910, en compagnie de M. Rascol, ingénieur en chef de la Compagnie, nous avons étudié sommairement les lieux.

Les dépôts quaternaires forment la presque totalité du substratum de la voie en aval du souterrain de la Folie, exception faite d'un court tronçon qui repose directement sur un éperon de calcaire jurassique.

C'est en amont de cet éperon calcaire que s'est détachée, en 1883, une masse énorme de terrain quaternaire.

D'après Renevier [1], la superposition de ces terrains est la suivante sur cette rive droite :

1° Eboulis ;
2° Marne glaciaire plus ou moins chargée de cailloux (dépôt morainique) ;
3° Sablon fin, sans cailloux étrangers, épaisseur d'environ 10 mètres ;
4° Argile pure, plastique, qui affleure dans le cours du Rhône quand les eaux sont basses.

Renevier a fait faire un sondage dans cette argile, qui a été reconnue sur 4 mètres, ce qui démontre que le dépôt descend plus bas que le niveau du fleuve.

D'après le même géologue, le sablon s'étend à partir du glissement de 1883 jusque sous le hameau de Lajoux, soit sur environ 700 mètres de longueur.

Pour stabiliser la voie ferrée, d'importants travaux de drainage ont été exécutés. Aujourd'hui, on peut estimer que la stabilité est complète. Du côté montagne, il se produit quelques tassements dans le voisinage de l'ancien souterrain effondré. Ils sont dus à la répercussion superficielle du drainage profond.

En faisant les travaux d'assainissement, il a été rencontré une source temporaire dont le débit peut être considérable, au moment de la fonte des neiges en particulier. La galerie drainante principale débouche sensiblement à la cote de 328,50, soit un peu au-dessous du niveau de la retenue.

1. Rapport manuscrit adressé à la Compagnie du Chemin de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée à la suite de l'accident de 1883.

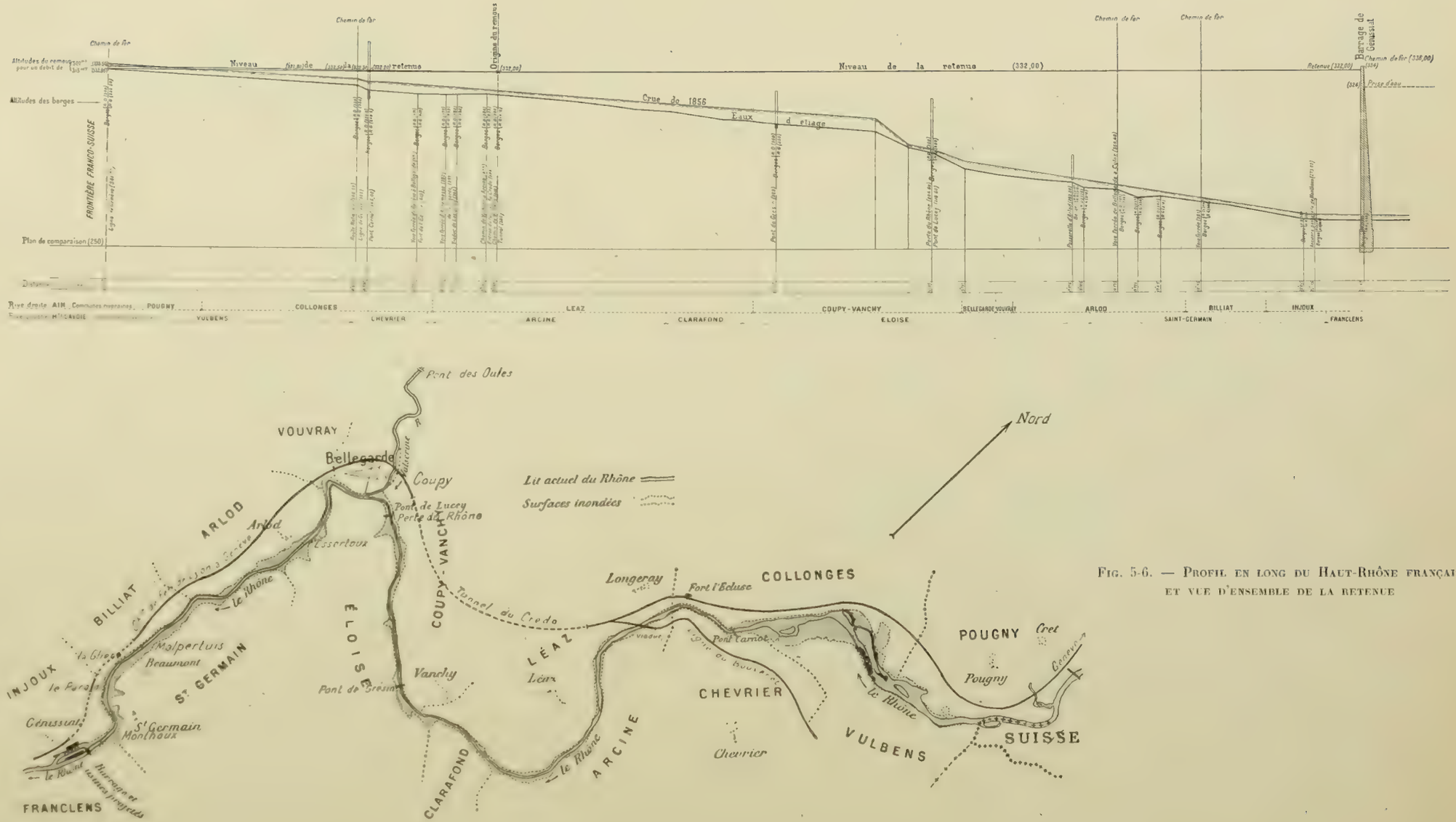


FIG. 5-6. — PROFIL EN LONG DU HAUT-RHÔNE FRANÇAIS ET VUE D'ENSEMBLE DE LA RETENUE

C'est la cote du débouché de cette galerie qui avait fait exprimer des réserves par la Commission mixte des Travaux publics, à l'époque où le Syndicat des forces hydro-électriques du Pont de Grésin demandait l'autorisation de créer une retenue [1]. En aucun cas, l'altitude du remous ne devait dépasser 328,50 pour ne pas compromettre le libre écoulement des eaux de cette galerie d'assainissement, à moins que l'on ne trouve un procédé qui permît aux eaux de drainage de fonctionner normalement.

En examinant la coupe en long de la galerie d'assainissement, on remarque que sa pente, à partir de l'entrée de la source dans la galerie jusqu'au débouché de cette dernière dans le talus sous la voie, est plus que suffisante. La pente peut être relevée et le débouché de la galerie peut être porté à la cote de 332 mètres.

Cet obstacle n'existant plus, car il ne s'agit que de refaire une galerie dont le tracé peut être connu exactement à l'avance, examinons ce qu'il faudra faire pour que l'eau du bief ne puisse attaquer le sablon.

Ce sablon est sec, comme le sont en général tous les limons fins affleurant sur les pentes. Cela signifie que ce sablon est très poreux. On est donc en droit de craindre que, noyé, il ne tarde pas à se déliter. Une attaque du versant serait, sinon probable, du moins possible bien que, en général, l'eau stagnante forme par elle-même un appui dont on ne doit pas négliger l'importance. Mais comme le lac aura en hiver des variations de niveau, l'alternance répétée des submersions et des immersions pourrait être dangereuse.

Il est donc nécessaire de parer les limons d'un mur étanche, quelle que soit la longueur de ce mur, qui pourra avoir 700 mètres.

Par le fait qu'il existe sous les sablons une argile rigoureusement imperméable, ce n'est plus une difficulté que d'élever ce mur étanche, d'autant que ce n'est pas à proprement parler un mur de soutènement qu'il faut construire. Un simple diaphragme en béton armé bien chapé, ancré dans l'argile et couché sur le versant réglé, remplira toutes les conditions de stabilité et d'imperméabilité à exiger, en maintenant sa couronne à 335 mètres par exemple.

Ainsi donc, on peut vaincre cette difficulté plus apparente que réelle du noyage de la base du versant de terrain glaciaire sous la voie ferrée de la rive droite.

Il y aura à faire encore quelques autres travaux de défense : prolonger des perrés déjà existants, puis quelques murs de protection dans les ravinements.

II. — Du défilé de l'Écluse à la Perte du Rhône

A partir du viaduc de Longeray (fig. 25, p. 69), le Rhône se dirige vers le Sud pour décrire une grande boucle qui se termine en amont de la Perte du Rhône. Les versants du fleuve dominent celui-ci de plus en plus. Au pied de la chaîne du Vuache, ils sont constitués par des dépôts morainiques qui doivent s'appuyer sur les roches du Jurassique et du Crétacique. Lorsque le fleuve devient Est-Ouest, ses deux rives sont taillées dans les grès et marnes molassiques recouverts par des cailloutis fluvioglaciaires.

Dans toute cette région de la boucle du Rhône, la retenue n'avoisine aucun ouvrage

1. Rapport de la Commission de la Houille blanche, p. 19.

d'art important. L'imperméabilité de la cuvette ne soulève aucun doute. Nous avons examiné en partie cette région sans constater d'inconvénients spéciaux qui puissent s'opposer à la surélévation des eaux.

III. — Dispositions tectoniques de la région aval

Lorsque le Rhône sort de la région molassique, il traverse les couches du Gault, et, rencontrant les calcaires urgoniens, il se contracte subitement, s'encaisse entre des parois étroites, reste même invisible aux basses eaux sur quelques mètres sous des blocs éboulés: c'est le fameux phénomène de la Perte (fig. 7). La Perte est l'entrée amont d'un cañon, entièrement taillé dans les calcaires urgoniens, que le fleuve n'abandonnera qu'à environ 4 kilomètres en aval du barrage projeté de Génissiat (fig. 8-9 et pl. I).

Fig. 7. — La Perte du Rhône

Le défilé de la Perte est orienté S.E.-N.W. En aval, le fleuve décrit trois petites courbes pour prendre une direction moyenne N.-S.

Le défilé de la Perte est oblique à la direction des plis : le cañon N. S. est sensiblement parallèle à cette direction, mais bien que le Rhône s'écoule par ce cañon dans la grande dépression synclinale comprise entre l'anticlinal du Grand-Colombier et celui du Vuache, *il n'occupe pas l'axe de ce pli synclinal* (fig. 8).

Le cañon est situé parallèlement à l'axe du synclinal, il est taillé dans le flanc occidental du pli. *On doit donc considérer le cañon comme une vallée monoclinale.*

Ce n'est qu'en aval du confluent avec les Usses que le Rhône occupe exactement l'axe du pli.

En réalité, la grande dépression synclinale qui sépare l'anticlinal du Colombier de celui du Vuache n'est pas simple. *Elle est subdivisée en deux par un anticlinal.* Ce pli n'est autre que celui qui constitue la montagne du Gros-Faoug et qui, sous la molasse, va rejoindre l'anticlinal de Crédo au Nord du Rhône. La grande région molassique comprise entre l'anticlinal du Colombier et celui du Vuache est une sorte d'ombilic produit par l'ensellement de l'anticlinal du Gros-Faoug-Crédo.

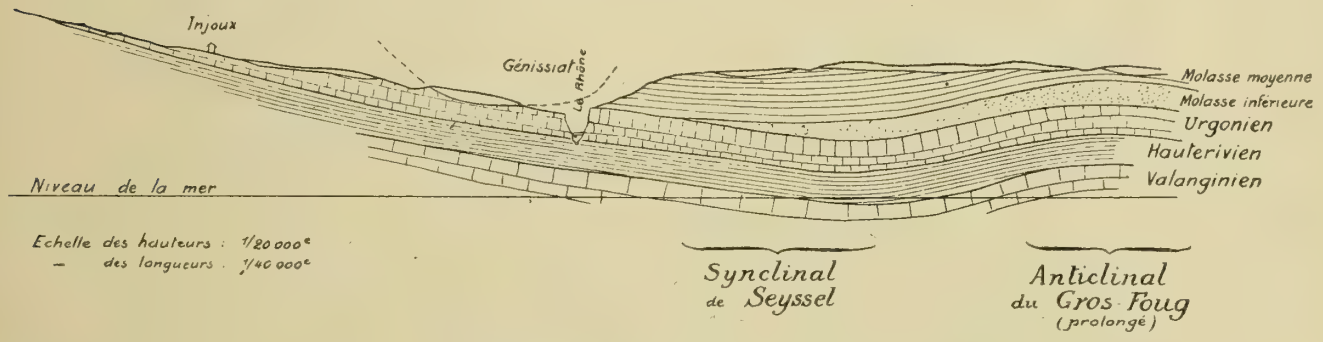


FIG. 8. — COUPE GÉOLOGIQUE DU COURS DU RHÔNE A LA HAUTEUR DE GÉNISSIAT
Longueurs : 1/40 000 ; hauteurs : 1/20 000.

L'arc décrit par les Usses au Nord de l'anticlinal du Gros-Faoug est une conséquence de la plongée axiale de cet anticlinal. Dans cette région arquée, la vallée des Usses est périclinale.

Le Rhône décrit un arc semblable, mais dont la convexité est inverse.

On sait que le Rhône, avant l'époque würmienne, passait par la corde de l'arc qu'il décrit aujourd'hui. Schardt et Kilian ont montré l'existence de cette ancienne vallée. A l'époque néowürmienne, le Rhône semble avoir obéi à une structure périclinale inframorainique, comme si de nouveaux mouvements tectoniques avaient remis à jour l'ancienne structure ou comme si l'anticlinal avait cherché à se prolonger vers le Sud, à partir du Crédo et du Gros-Faoug.

Mais nous n'avons pas à discuter dans ce mémoire l'origine de cet ombilic si singulier. Il importait cependant que nous connaissions sa structure profonde. Nous savons ainsi qu'*à une certaine distance du cañon méridien du Rhône, les couches qui plongent vers l'Est doivent se relever pour former le flanc occidental de l'anticlinal caché sous les sédiments molassiques.*

On peut tracer hypothétiquement l'axe du synclinal que nous appellerons *synclinal de Seyssel*, compris entre l'anticlinal souterrain et celui du Colombier. Cette ligne de plus basse altitude des couches, que ce soit l'Urgonien ou le Gault ou la molasse qui recouvrent ces deux terrains, passe à environ 2 km. 5 à l'Est du cañon ; elle devrait couper, en amont de la Perte, l'arc que décrit le fleuve en contournant les territoires des communes de Leaz et de Vanchy.

Dans la région du cañon, *les couches plongent, en conséquence, tranversalement à*

celui-ci, c'est-à-dire vers la rive gauche, dans chaque partie où le cañon est à peu près rigoureusement Nord-Sud. Ce plongement des couches vers l'Est est très faible (fig. 9). Il est cependant très sensible à la Perte du Rhône.

Ces dispositions tectoniques générales connues, nous pouvons aborder un certain nombre de problèmes importants par la discussion à laquelle ils ont donné lieu.

IV. — Le cañon est une vallée d'érosion

Nous savons que dans les versants de la vallée on retrouve des alluvions qui démontrent qu'à *une époque antérieure le Rhône s'écoulait sur une surface dans laquelle le cañon n'était pas entaillé, n'existait pas encore.*

C'était, d'après Kilian, le Rhône interglaciaire de la période würmienne. Le thalweg de cet ancien Rhône s'était creusé selon les caprices des dispositions topographiques de l'époque. Sur cette ancienne surface, le fleuve divaguait quelque peu, ce qui explique la largeur que peuvent avoir ces alluvions. Le spectacle devait être à peu près semblable à ce que montre la vallée actuelle dans les environs de Culoz.

Puis le glacier est revenu, mais ses moraines sont restées dans les environs de Bellegarde en formant les monticules qui dominent cette bourgade. Le glacier s'est retiré encore et le Rhône, barré par ses moraines, s'arrêtait dans un petit lac où se déposaient les limons et argiles lacustres du défilé du fort de l'Écluse.

Enfin le glacier est revenu encore dans la phase d'avancement dite néowürmienne, mais les moraines n'ont guère dépassé l'aval du défilé du fort de l'Écluse. On ne trouve dans le cañon nulle trace de ces moraines néowürmiennes et nulle trace des alluvions de progression de cette phase d'avancement néowürmienne [1].

Comme, dans le cañon, il n'existe aucune trace de stries glaciaires, on peut être certain que les glaciers ne sont pour rien dans son creusement et on peut ainsi dater l'âge du début de la formation du cañon.

Le cañon a commencé à se creuser dès la fin ou pendant la période glaciaire würmienne.

C'est à notre confrère Kilian que nous devons ces déterminations rigoureuses et incontestables qui modifient les vues des anciens auteurs.

Comme le cañon se creuse encore en amont, soit à partir du défilé de la Glière jusqu'à la Perte, on voit que toute la fin de la période glaciaire et les temps modernes ont été nécessaires pour creuser cet étroit couloir non terminé à l'amont.

Ce travail actuel du creusement du cañon dans la région amont, où le recul est d'environ 70 mètres par siècle, nous montre ce qu'a été le mode de creusement de tout le cañon lui-même. C'est par érosion régressive que le phénomène s'est accompli.

Le phénomène de la Perte a rétrogradé peu à peu vers l'amont. La chute a dû se trouver à Génissiat, à la Glière, à Malpertuis, etc., comme elle se trouve aujourd'hui à Coupy-Bellegarde, et comme elle se trouvera plus tard en amont de sa situation actuelle.

1. Il existe sur la rive droite, au-dessus de Malpertuis, des alluvions assez basses qui sont peut-être néowürmiennes.

Le fait capital, en ce qui nous concerne, et qui découle de cette ancienne histoire du Rhône sommairement esquissée, est que son thalweg interglaciaire s'était fixé en long selon des dispositions topographiques de la vallée, ainsi que nous l'avons dit plus haut. Ces dispositions topographiques ne coïncidaient pas avec l'axe du synclinal de Seyssel. Elles étaient quelconques et même à tel point indépendantes qu'à Bellegarde les couches étaient sciées dans le sens inverse de leur plongement.

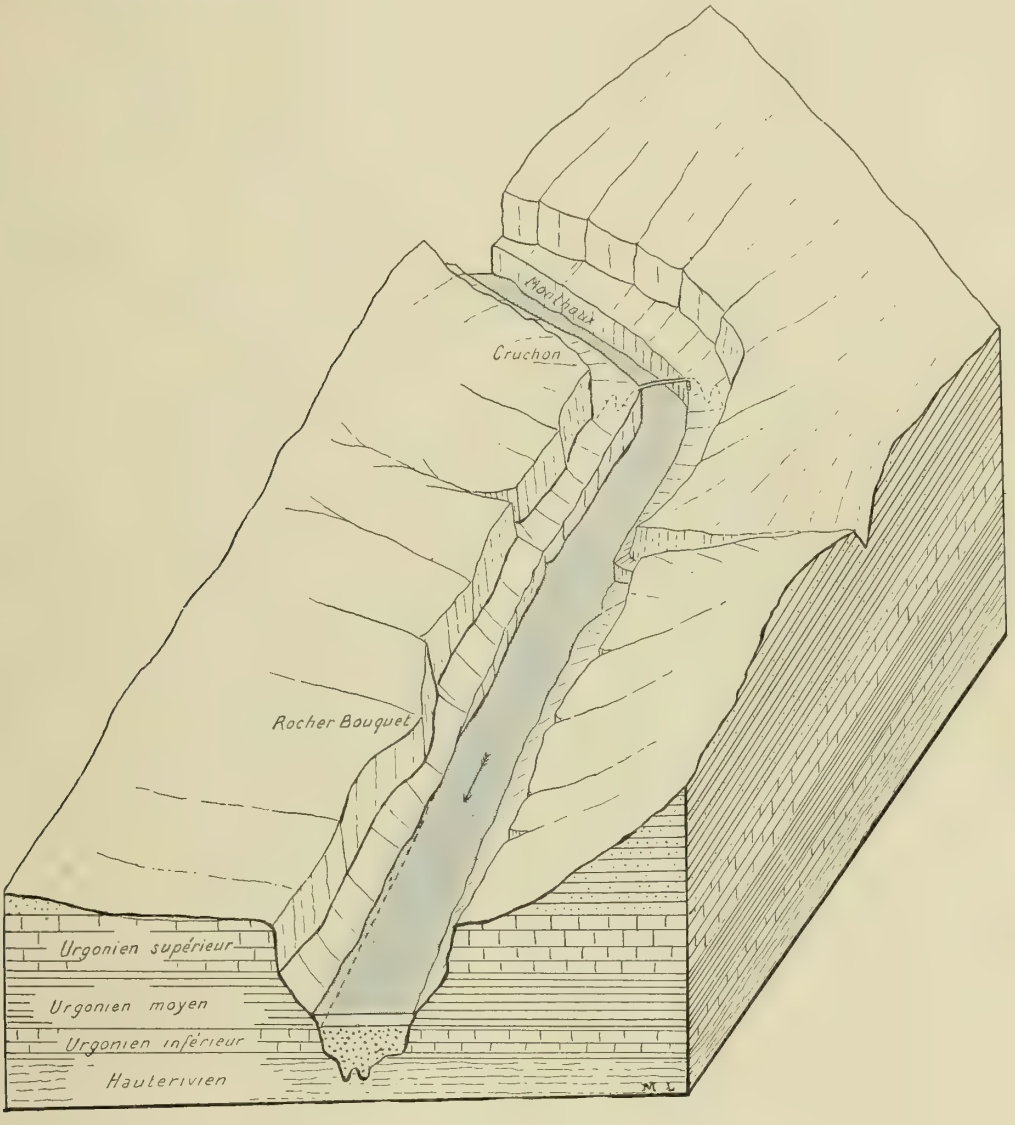


Fig. 9. — Vue schématique du cañon du Rhône a Génissiat, montrant la disposition des couches

Lorsqu'un cours d'eau a choisi son thalweg et qu'il n'a pas encore fixé sa courbe d'équilibre, il continue à creuser son lit selon l'emplacement primitif. Rencontre-t-il une disposition des couches dissemblable de celle des couches de la surface topographique ancienne qu'il est obligé de s'y maintenir. C'est le phénomène bien connu de a *surimposition*.

Tout le cañon du Rhône est un thalweg surimposé. Y aurait-il eu, sous la molasse, du granite ou du gneiss, que le thalweg aurait dû s'y creuser comme il s'est creusé dans le calcaire urgonien. Le Rhône actuel aurait donc pu, entre Bellegarde et Seyssel, se trouver soit à gauche, soit à droite de son tracé actuel, si le Rhône de la fin de l'époque würmienne s'était trouvé soit à gauche, soit à droite.

C'est montrer que les dispositions tectoniques de l'Urgonien auraient pu être toutes différentes de ce qu'elles sont, et le Rhône aurait dû cependant les couper, sans pouvoir changer de place.

Au lieu de faire en amont du défilé de Monthoux un angle vers sa gauche, il aurait pu, tout aussi bien, en faire un dans l'autre sens.

Le Rhône, dans son cañon, est donc absolument indépendant de la structure générale (synclinal) et locale (failles, diaclases, etc.). Il serait vraiment extraordinaire que le cours du fleuve, qui a été dirigé par des causes qui n'ont rien à voir avec la présence de l'Urgonien, coïncide justement avec une longue fissure de ce calcaire. Telle est cependant la manière de voir de M. E.-A. Martel [1].

Il faudrait que cette cassure suive strictement tous les contours du cañon. On connaît des failles sinueuses mais pas à ce point et je dois avouer qu'après vingt ans de pratique du terrain je n'ai jamais su en voir.

Il est possible qu'en quelques rares points du cañon il puisse exister des fissures situées dans le cañon et parallèlement à celui-ci, mais grâce au fait que ce cañon est sinueux, on devrait alors voir quelque part dans les parois la trace de la prolongation de ces fissures plus qu'hypothétiques. Or, on ne la voit pas.

Mais au contraire, on peut démontrer nettement l'indépendance du cañon et des quelques diaclases ou failles visibles. Ainsi, immédiatement en amont de la Perte, existent des cassures, bien connues depuis les recherches de Renevier [2]. Le Rhône les traverse sans se soucier de leur existence. A Malpertuis, on voit trois cassures, dont deux à peu près transversales (planche V) et une qui prend en écharpe le cañon (planche IV). Le fleuve ne paraît guère s'en apercevoir.

L'eau s'écoule des surfaces continentales vers la mer comme s'écoule l'eau de la surface d'un parapluie. On ne voit pas sur la surface du parapluie que des fentes soient nécessairement préexistantes pour que l'eau en dégoutte.

Le procès des vallées déterminées par des cassures est jugé depuis bien longtemps par les géologues et les géographes. Le percement des tunnels a montré que l'on pouvait passer sous des vallées sans trouver nécessairement une fissure à l'aplomb de la vallée dans le tunnel.

Le Rhône, avec sa puissance, avait une force bien suffisante pour creuser son lit sans avoir besoin de cassures toutes prêtes pour le recevoir.

Nous reviendrons plus loin sur cette question des fissures.

1. Aménagement du Haut-Rhône français, Bellegarde et Malpertuis ; conférences faites dans la séance du 8 novembre 1911 devant la *Société d'Agriculture, Sciences et Industrie de Lyon.* — Exposé général par M. P. Mauvernay. — Apports et ensablements du Haut-Rhône, par M. Coutagne. — Etude hydrologique par M. E. A. Martel.

2. E. Renevier. Mémoire géologique sur la Perte du Rhône. *Nouveaux Mémoires de la Soc. helv des Sc. nat.*, 1853.

V. — Imperméabilité du cañon urgonien

Nous savons que les couches qui constituent le cañon calcaire plongent, selon un angle très faible, du versant droit vers le versant gauche.

Cette disposition régit les conditions de distribution de l'eau souterraine : il ne peut y avoir que deux cas :

1° De la rive droite, les eaux souterraines doivent pénétrer dans le cañon ;

2° De la rive gauche, les eaux du cañon pourraient se perdre.

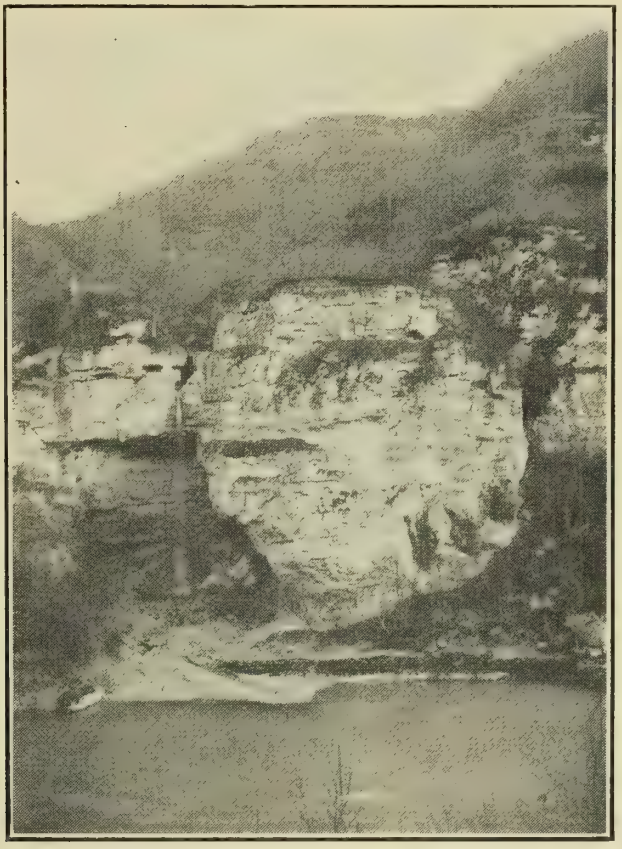


Fig. 10. — La cascade du moulin Gabet

Dans son rapport de la Commission de la Houille blanche, M. Delafond, en parlant des sources du cañon, s'exprime comme suit : « Or, d'après les renseignements recueillis, on n'observerait que deux petites sources de faible débit entre Génissiat et Seyssel situées, l'une à Volant, l'autre à Bassy. Il faut en conclure que les terrains de nature assez complexe qui s'observent dans la partie centrale de la cuvette de Bellegarde sont peu perméables ».

Cette phrase m'avait conduit à ne faire aucune recherche spéciale dans le cañon, et j'ai dit qu'il n'y avait aucune source sur la rive gauche et qu'il était surprenant

qu'il n'y en ait pas sur la rive droite. Depuis lors, j'ai inspecté soigneusement le cañon. Cette recherche m'a montré que les sources étaient bien absentes sur la rive gauche, ou ne consistaient qu'en suintements insignifiants, mais qu'elles étaient plus fréquentes sur la rive droite, c'est-à-dire sur le versant où elles ne peuvent présenter aucun inconvénient.

A. — Sources de la rive droite

1° Source du château de Génissiat. — Petite source sortant d'une fissure à quelques mètres sous le Château. Cette source superficielle se trouble de temps à autre, elle est située en dehors du bassin de la retenue.

2° Source du sondage n° 1. — Petite source mise à jour par les terrassements du premier sondage diamanté. Son vrai point d'émergence est au pied de la paroi supérieure.

3° Source du sentier de l'Échelle.— Petite source dans la paroi, à quelques mètres au-dessous de la plateforme qui soutiendra le canal de fuite, elle sera coupée par les travaux (Voir pl. III).

4° Source en face du ruisseau Gabet. — A la cote de 266 sort une petite source un peu au-dessus du Rhône. Elle paraît formée par la résurgence d'eau qui suinte dans la paroi dominante, en partie par de la vraie eau de source (fig. 10).

5°. — Le long du nouveau sentier qui rejoint la passe de Monthoux au Paradis on voit, dans un abri sous roche (grotte de Bressanne), un griffon sec avec trace de tuf. Peut-être y a-t-il de temps en temps un peu d'eau qui en sort.

6° Sources de Malpertuis.— Un peu en aval de l'étroit de Malpertuis jaillissent trois sources qui sortent d'un épais banc de calcaire (couche C des profils détaillés, voir plus loin). Elles sont situées à peu près au-dessous d'une des fenêtres du tunnel du chemin de fer. Elles chutent dans le Rhône d'une hauteur de 15 à 20 mètres. Ces trois venues d'eau sont très sensiblement situées sur le même plan, elles constituent donc une seule source avec trois points d'émergence. Le débit de ces sources est considérable et peut être estimé de 3 à 5 000 litres-minute.

7° Source du ruisseau de Chante-Avril. — Le ruisseau de Chante-Avril tombe en cascade dans le Rhône. Dans le bas de sa cascade, sur son côté droit, à 1 m. 50 au-dessus du niveau du fleuve sort une source, de 1 000 litres-minute au moins. Elle jaillit d'une diaclase oblique qui coupe la cascade.

Telles sont les sources de la rive droite. Il est fort probable qu'il en existe dans le lit du fleuve, mais celui-ci formant niveau de base aux eaux souterraines il y a de grandes probabilités que ces sources immergées soient peu nombreuses.

Les grottes signalées dans cette rive droite ne sont que des abris sous roches.

B. — *Sources de la rive gauche*

On voit, de place en place, suinter un peu d'eau dans les rochers. Ces petites venues d'eau sont en général dominées par des ruisseaux qui se perdent dans les éboulis. Dans le défilé de Monthoux seul on voit couler quelque peu d'eau que l'on peut attribuer à une vraie source.

Un peu en amont du Paradis on observe une grande diaclase verticale. Dans sa partie inférieure elle est baillante et montre l'ouverture du chenal. A 5 mètres en aval, il existe une deuxième diaclase. Des traces d'humidité montrent qu'il en sort quelquefois de l'eau.

Ce sont là les seules sources que j'ai pu observer dans le cañon urgonien en amont du barrage projeté de Génissiat.

C. — *Diaclases*

Puisque les diaclases peuvent parfois donner de l'eau et, inversement, être absorbantes, il est également fort intéressant de les connaître.

Une première diaclase est visible sur la rive gauche, immédiatement en aval du parement aval du barrage projeté à Génissiat. Nous verrons plus loin qu'elle n'est dûe qu'à l'existence d'un bloc en voie de détachement.

Bien des diaclases que l'on observe dans le cañon n'ont que la même origine, ainsi, certaines fentes visibles dans la région élargie du Paradis. D'autres sont réellement de vraies cassures tectoniques qui coupent toute la hauteur des parois, mais elles sont peu nombreuses.

Il est utile de noter que la région de Génissiat ne montre aucune diaclase très loin vers l'aval et, ce qui importe plus, très loin également vers l'amont. Ce n'est qu'en amont du Paradis, soit à 1 250 mètres en amont du barrage de Génissiat que les diaclases commencent à apparaître. Plus loin, on en voit encore et particulièrement dans la région de Malpertuis. Il y en a deux qui sont baillantes, en aval des rapides, dans l'étroit défilé (planche V), puis une autre beaucoup plus importante. Elle prend en écharpe le thalweg et se dirige directement en amont dans la direction du barrage projeté (planche IV).

A Bellegarde enfin, existent deux failles visibles et repérées par Renevier. Rien n'indique qu'il ne s'en trouve pas d'autres invisibles sous le revêtement molassique dans la région où devait s'élever le barrage projeté.

VI. — Conséquences actuelles et conséquences d'avenir

En vertu de l'inclinaison des couches, le Rhône, dans son cañon, reçoit donc des sources sur sa rive droite presque exclusivement. De ce côté rien n'est à craindre pour l'imperméabilité du lit du fleuve. Mais quelle sera l'action produite par la retenue ?

Sous l'Urgonien existe l'étage hauterivien, constitué par des calcaires marneux

imperméables. Ces couches sont connues en dehors du cañon et nous les avons rencontrées dans les sondages au diamant que nous avons pratiqués à Génissiat (fig. 9).

D'après l'épaisseur des couches de l'Urgonien, que l'on peut repérer tout le long du cañon, il est possible, à quelques décimètres près, de connaître le niveau de l'Hauterivien. Ainsi, à Malpertuis, ce terrain doit se trouver à 243 mètres d'altitude soit à 27 mètres au-dessous de la surface supérieure de la couche calcaire qui forme le plateau dans lequel est taillé le couloir. D'après la Carte géologique, on voit ressortir cet Hauterivien (selon une ligne normale à la direction du synclinal de Seyssel) vers l'altitude de 680 mètres, près de Chaix (au Nord-Ouest d'Injoux). Connaissant ainsi l'angle moyen d'inclinaison de l'Hauterivien, on peut calculer qu'à environ 950 mètres de distance du cañon, cet Hauterivien doit se trouver à la cote de 332 mètres, soit au niveau de la future retenue.

L'action de la retenue sera donc de refouler l'eau des sources dans leurs canaux souterrains jusqu'à environ 950 mètres de l'axe du bief. En ce qui concerne les sources de Malpertuis, les sources se mettront légèrement en charge. Le pire qui pourrait survenir pour les grosses sources de Malpertuis serait de les voir jaillir dans le tunnel du chemin de fer et s'écouler librement par les radiers.

On pourrait, il est vrai, supposer que les sources refoulées et l'eau pénétrante du fleuve (ou disons de la retenue) profitent d'un réseau de diaclases anastomosées se répartissant sur une épaisseur de plus de 2 000 mètres de roche (distance entre Malpertuis et Génissiat) et viennent à contourner le barrage. Mais pourquoi les sources de Malpertuis n'auraient-elles pas déjà profité d'un tel chemin ? C'est que ce chemin n'existe pas, ainsi que le démontre l'absence complète de diaclases sur plus d'un kilomètre du barrage vers l'amont.

Il n'y a donc rien à redouter de ces grosses sources de Malpertuis et de Chante-Avril puisque leur bassin d'alimentation est au-dessus du niveau de la retenue.

Nous connaissons la structure des couches sur la gauche du cañon. Nous savons que le thalweg du synclinal de Seyssel se trouve à environ 2 km. 5 du fleuve au droit de Génissiat. En ce point, l'angle creux des couches urgoniennes doit se trouver à environ 175 mètres d'altitude.

En admettant que les diaclases du versant gauche fassent entre elles un réseau anastomosé qui se prolongerait jusqu'à l'angle creux, l'eau de pénétration s'accumulerait dans ce chenal souterrain. Or, nous savons, par l'étude sur les dispositions tectoniques, que la région, à l'Est du cañon, est disposée en ombilic : le pli anticlinal du Gros-Faoug y plonge pour n'en ressortir que dans le Crédo. L'eau qui pénétrerait jusqu'à l'axe du synclinal s'y trouverait enfermée dans une cuvette constituée par des couches plongeant dans toutes les directions et dont l'une d'elles (Hauterivien) est imperméable.

Dans ce réservoir souterrain continuellement nourri, l'eau devrait déborder quelque part, nécessairement du côté du point bas de la cuvette, point bas qui doit se trouver du côté sud de l'ombilic. De nombreuses sources devraient donc exister sur la rive gauche du Rhône, entre Pyrimont et Bassy, et sur la rive droite des Usses. M. Delafond signale à Bassy l'existence d'une source de faible débit et une autre à Volant. Ce seraient là les émergences de cette vaste cuvette souterraine. Il faut convenir que

ce sont des émergences bien modestes, ce qui nous démontre que, si l'eau du Rhône parvient à pénétrer dans son versant gauche, elle le fait en quantité insignifiante.

Nous avons plusieurs fois, aux basses comme aux hautes eaux, examiné quelques diaclases qui arrivent jusque dans l'eau du fleuve, en particulier celles de Malpertuis qui sont facilement abordables. Je n'y ai jamais vu la moindre trace de tourbillons absorbants ; l'eau passe à côté de ces diaclases sans s'en soucier.

Du reste, si l'eau pouvait pénétrer dans cette rive gauche, elle aurait dû y creuser des grottes à divers niveaux ; or, nous ne connaissons aucune entrée de conduit souterrain.

On peut donc déclarer que, dans l'état actuel, la cuvette urgonienne est bien étanche sur le versant gauche comme elle l'est pour le droit.

En sera-t-il de même lorsque le plan d'eau sera relevé par le barrage ? Nous n'avons aucun doute à ce sujet. Le Rhône, en fixant son lit, en creusant son cañon, devait se trouver autrefois, pendant un temps relativement court, il est vrai, à la hauteur du futur plan d'eau. A cette hauteur, il n'a pas cherché à s'échapper par voie souterraine, car aucune grotte, ainsi que nous le disions plus haut, n'est signalée dans le versant gauche. Je ne connais qu'une diaclase béante (à part celles de Malpertuis). Elle est en amont du Paradis. L'ouverture est au-dessus du niveau actuel, ce qui montre bien que le Rhône n'en a pas profité puisqu'il a abandonné cette bouche qui pénètre certainement peu profondément dans la paroi.

Le Rhône a donc de tout temps été hermétiquement enfermé dans les parois de son cañon et nous ne voyons aucune raison pour qu'il s'en écarte lorsque son niveau aura été relevé.

VII. — L'hypothèse de l'existence de diaclases longitudinales dans le lit du fleuve

Pendant longtemps, au début de la géologie, peut-on dire, alors que l'on n'avait que des notions assez vagues sur la puissance de l'érosion, avant que Lyell ait établi le principe des causes actuelles, les naturalistes expliquaient les vallées comme le produit de cassures, diaclases ou failles que les cours d'eau n'auraient fait qu'élargir.

Cette hypothèse fut combattue déjà par Rutimeyer, par Heim, par Tietze, par Davis, par Penck, par de la Noé et de Margerie, etc.

C'est une idée instinctive, ai-je écrit, qu'ont encore beaucoup d'auteurs, qui ne sont pas familiarisés avec les problèmes résolus par une série de géologues, que les vallées doivent coïncider avec des cassures. Le cañon du Rhône, si étroit par places, paraît se prêter particulièrement à cette ancienne théorie.

Cette théorie a été soutenue dernièrement par M. E.-A. Martel, dans la conférence qu'il a faite à Lyon, en novembre 1911.

Voici les phrases écrites par le savant spéléologue : « Dans le lit même du fleuve, deux grandes cassures, au moins, ont provoqué les étroits de la Perte et de Malpertuis, le phénomène est du même ordre, mais réduit ». Et plus loin : « C'est précisément l'existence de ces cassures conjuguées en deux systèmes obliques, l'un sur l'autre (comme

l'a expliqué Daubrée et comme l'ont prouvé les cavernes), qui a permis au Rhône et à la Valserine de devenir en trois points une tranche d'eau verticale étroite au lieu d'un courant horizontal et large, bref, de remplacer la largeur par la profondeur ».

Et enfin, M. Martel ajoute : « ... Je me refuserais à discuter avec les géologues qui persistent à nier ces évidences définitivement acquises ».

Nous regrettons d'être en désaccord complet sur cette hypothèse avec M. Martel, ainsi d'ailleurs que beaucoup de nos confrères.

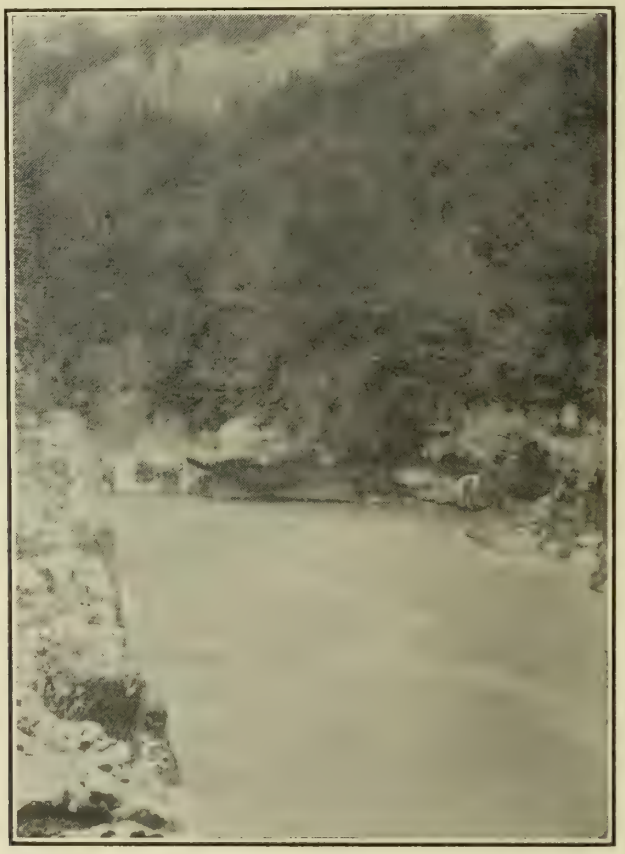


Fig. 11. — La passe de Monthoux

Il y a une très grande différence entre l'érosion *superficielle* et l'érosion *souterraine*. Pour que l'eau puisse pénétrer dans une roche, il est nécessaire qu'elle trouve un chemin préparé ou qu'elle avance peu à peu en dissolvant des matières. Il est donc tout naturel que l'eau souterraine filonienne suive des cassures préexistantes qu'elle élargit peu à peu par dissolution. Mais l'eau superficielle s'écoule et choisit sa voie d'après les pentes de la surface. Elle n'a nul besoin d'un chemin préparé dans l'intérieur de la roche. On ne saurait donc expliquer l'érosion superficielle par des phénomènes internes.

Affirmer que les étroits de la Perte (fig. 7, p. 20) et de Malpertuis (planche VI) coïncident avec des fissures, c'est émettre une hypothèse qui ne se base sur aucun fait local observé, pour la seule raison que la cassure hypothétique est à jamais invisible.

Mais il est, par contre, possible de démontrer que la présence de ces cassures hypothétiques se répéterait chaque fois que le cours d'eau coupe une couche que l'on peut parfaitement déterminer, et qui est toujours la même.

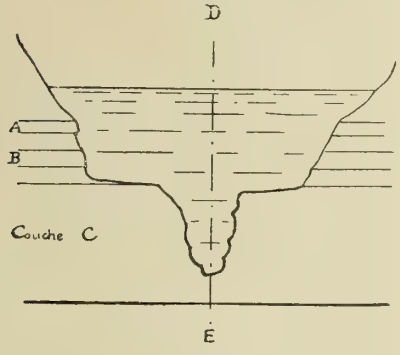


Fig. 12. — 1er stade. L'eau rencontrant la couche C, le phénomène de l'Etroit se prépare (stade en amont des rapides de Malpertuis et en amont du Pont des Oules, Valserine).

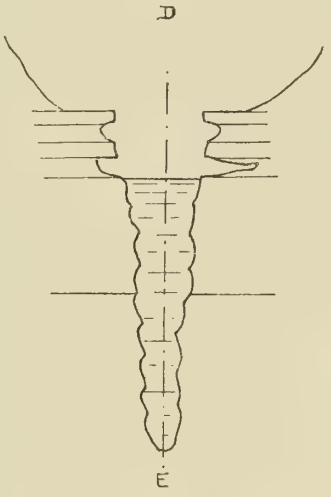


Fig. 13. — 2e stade. Cherchant sa couche d'équilibre, le fleuve a formé l'Etroit (stade de Malpertuis et des Oules).

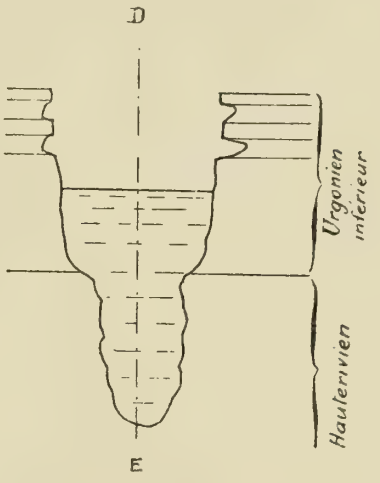


Fig. 14. — 3e stade. Les mouvements tourbillonnaires élargissent l'Etroit (stade de la Glière et de Monthoux).

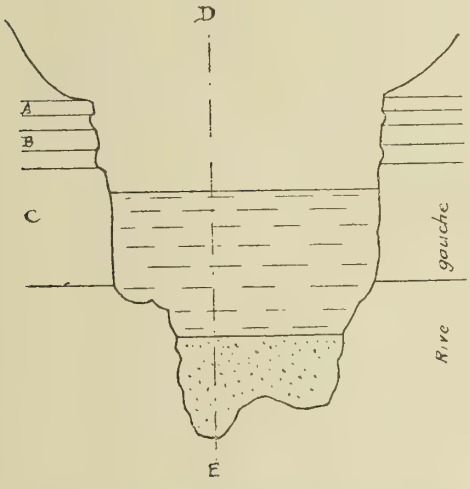


Fig. 15. — 4e stade. La région inferieure de l'Etroit est terminée. L'alluvionnement commence à se faire sentir (stade partiel de la Glière, stade partiel de Monthoux). L'Etroit s'est élargi vers la rive gauche en vertu de la faible inclinaison des couches vers la gauche.

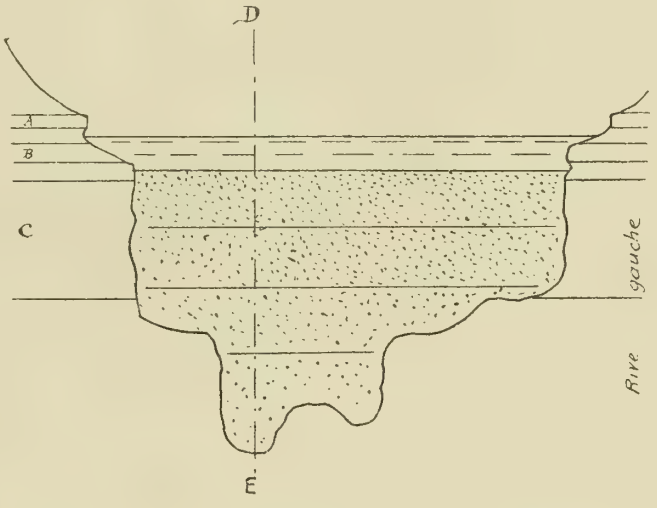


Fig. 16. — 5e stade. L'alluvionnement progresse : l'abattage latéral élargit l'Etroit en haut, mais l'alluvionnement conserve la forme du 4e stade en bas. Peu à peu, le comblement est total. La légère inclinaison des couches (insensible sur le dessin) de la droite ver la gauche, a continue à faire émigrer la rive gauche (stade actuel de Génissiat).

Fig. 12 a 16. — Schémas expliquant l'évolution du cañon du Rhône.

Il n'y a pas sur le Rhône que les deux étroits dont parle M. Martel. Il y en a un troisième qui est le défilé de Monthoux (fig. 11 et planche VII), long de plusieurs centaines de mètres, et où le Rhône n'a guère plus de 10 mètres de large. Cet étroit est

immédiatement en amont de Génissiat. Avec le phénomène semblable que montre la Valserine au Pont-des-Oules (planche VII), cela fait quatre exemples réunis dans un petit territoire.

Il est aisé de démontrer que ces étroits sont de purs phénomènes d'érosion (fig. 12 à 17).

L'Urgonien de la région est subdivisible en trois :

1° L'Urgonien supérieur, constitué par des calcaires durs, alternant avec des couches plus tendres, plus crayeuses.

2° L'Urgonien moyen, constitué par une prédominance de calcaires tendres, crayeux, oolithiques. C'est la pierre blanche, exploitée près de Génissiat.

3° L'Urgonien inférieur, constitué au sommet par un banc remarquablement compact (couche C de nos sondages), et dominant des bancs plus tendres qui passent peu à peu aux calcaires hauteriviens.

Dans la topographie, ces trois systèmes se reconnaissent facilement. L'Urgonien supérieur et l'Urgonien inférieur sont plus résistants aux attaques de l'érosion. Ils forment volontiers des parois. Le sommet du versant, à Génissiat, est constitué par l'Urgonien supérieur. Ce sont ces parois que l'on observe également aux environs de Bellegarde.

L'Urgonien inférieur, moins visible dans la région, forme la paroi en partie immergée du défilé de Monthoux et celle qui, dans la même situation, forme le défilé de la Glière (planche IV), en aval de Malpertuis.

L'Urgonien moyen, plus attaquable par les agents atmosphériques, forme plus facilement des versants inclinés, rarement abrupts, à moins que l'attaque des bancs soit rapide. Le versant incliné sous la paroi supérieure, à Génissiat, est taillé dans ces bancs tendres.

Ainsi, la partie supérieure de l'Urgonien supérieur et la partie supérieure de l'Urgonien inférieur se conduisent semblablement l'une à l'autre, vis-à-vis des phénomènes du façonnement des versants.

Or, cette ressemblance se révèle également dans l'érosion fluviale : *les quatre étroits sont taillés l'un, celui de la Perte, dans l'Urgonien supérieur et les trois autres dans l'Urgonien inférieur.*

A l'étroit de Malpertuis, le Rhône se contracte instantanément à la rencontre de la couche C[1]. A Monthoux, le fleuve est réduit à 10 mètres à la traversée de la couche C et il prend une largeur de 50 mètres lorsqu'il abandonne ladite couche. La Valserine est réduite à un étroit couloir, au Pont des Oules, lorsqu'elle traverse la même couche.

Ainsi, chaque fois que ces deux cours d'eau doivent couper la couche C, leur veine liquide se contracte, et elle ne se contracte que là et dans l'Urgonien supérieur qui présente la même constitution pétrographique.

Il serait donc extrêmement étrange, que chaque fois que la couche C est coupée par les deux cours d'eau, une diaclase longitudinale se présente.

Non, les étroits sont exclusivement des phénomènes d'érosion, sans l'aide d'un

1. Voir plus loin la numérotation des couches.

d'un phénomène tectonique quelconque. On peut en faire la preuve absolue au Pont des Oules. Sur le plateau, criblé de marmites de géants, existent deux diaclases sensiblement parallèles à la Valserine. Le cours d'eau coupe ces diaclases sans se soucier absolument de leur existence. Et, mieux encore, dans le lit desséché du Pont des Oules, qui montre le fond en roche nue en plusieurs points, il n'existe aucune trace de cassure. Nulle part, il n'est possible de mieux démontrer l'indifférence parfaite de l'érosion fluviale et des diaclases préexistantes (pl. VIII).

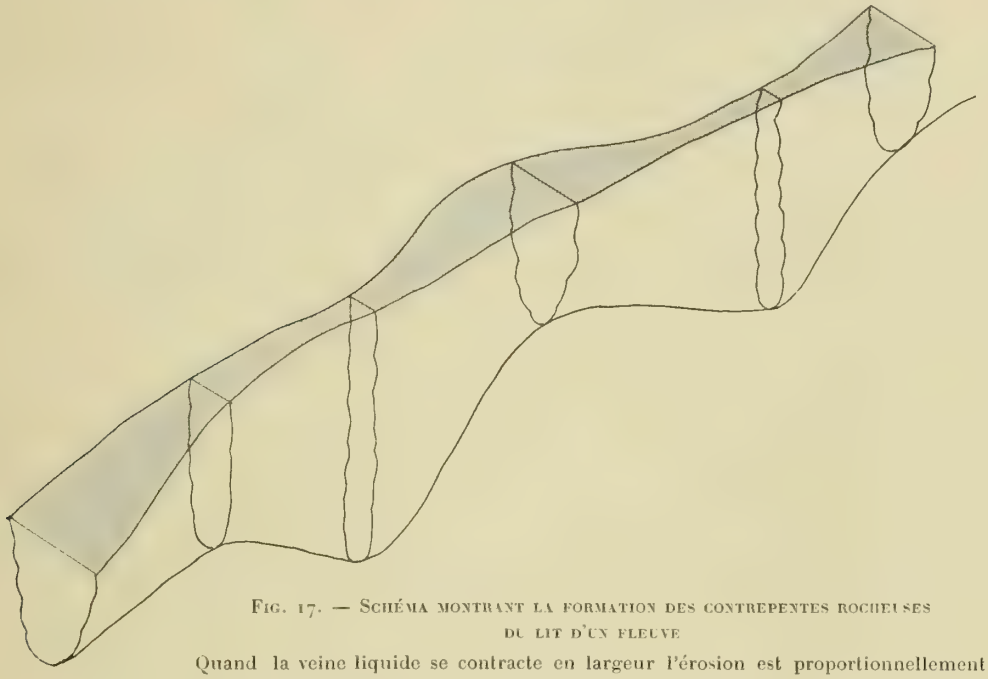


Fig. 17. — Schéma montrant la formation des contrepentes rocheuses du lit d'un fleuve

Quand la veine liquide se contracte en largeur l'érosion est proportionnellement plus profonde. La contraction dépend de l'inégalité de résistance aux mouvements tourbillonnaires d'une ou plusieurs couches.

Il ne saurait donc exister de fissure longitudinale dans les étroits du Rhône et de la Valserine et je regrette que mon honorable contradicteur se refuse « à discuter avec les géologues qui persistent à nier ces évidences définitivement acquises ». Les preuves peuvent, en outre, être faites également par la photographie, selon une méthode que préconise beaucoup M. Martel (voir les photographies des planches IV, V, VI, VII).

Voici donc démontrée une fois de plus l'indépendance complète entre le thalweg fluvial et les cassures.

On peut ajouter que si cette hypothèse des cassures était nuisible au projet du grand barrage de Génissiat, elle serait également néfaste pour les projets de la Société de Bellegarde, puisque M. Martel voit deux cassures directement en aval et, en conséquence, sous les deux ouvrages proposés par cette Société.

Fig. 18. — Le naufrage du ponton, crue du 6 octobre 1909

CHAPITRE III

ÉTUDE DU SITE DE GENISSIAT AU POINT DE VUE GÉOLOGIQUE

I. — Introduction

Dans l'étude sur les conditions nécessaires pour l'implantation d'un barrage, nous sommes arrivés à la conviction que le projet de Génissiat était techniquement et topographiquement le meilleur. La Commission de la Houille blanche ayant donné sa préférence à la variante dite « du Rocher Bouquet » (fig. 9, p. 23), il devenait important de connaître la profondeur du lit rocheux, la constitution des couches immergées, celle des couches émergées, la nature des roches du canal de fuite, etc., dans le voisinage de ce Rocher Bouquet.

Dans tout le cañon, aucun sondage n'avait été fait pour déterminer la profondeur du lit rocheux. Quelques estimations de l'épaisseur de la tranche d'eau avaient été faites à Malpertuis et dans le défilé de Monthoux. On était dans l'ignorance complète de la forme et la profondeur du thalweg rocheux. Dès lors, à part nos recherches, rien de sérieux n'a été fait. Le profil rocheux en long publié par M. Martel ne paraît pas offrir toutes les garanties désirables. Il a été établi en se basant sur des mesures faites à la corde ou à la barre à mine. M. Boissonnas nous a confié que l'opération

de sondage, faite dans l'étroit de Malpertuis en 1911, avait duré deux jours. Elle était faite pour vérifier des sondages antérieurs. Quant aux sondages indiqués par M. Martel en amont de Malpertuis, nous ne voyons pas très bien comment on a pu placer un ponton dans cette région si impétueuse, et il en est de même pour les deux opérations effectuées à 150 mètres en amont et en aval de la passerelle d'Arlod. Il est donc difficile d'admettre tel quel le profil longitudinal publié par l'honorable spéléologue.

II. — De la numérotation des couches et de leur résistance différente à l'érosion

Nous savons que l'Urgonien se divise en trois. A Génissiat (pl. I et II), l'Urgonien moyen est entièrement émergé ; l'Urgonien inférieur sort de l'eau exactement à Génissiat, s'élève peu à peu vers l'amont au-dessus du niveau du fleuve pour occuper son point culminant dans l'élargissement du Paradis. De là vers l'amont, les couches disparaissent de nouveau tour à tour sous les eaux. Cette disposition est due à un léger bombement transanticlinal.

C'est à partir de Malpertuis que la série moyenne disparaît à son tour.

La série inférieure est constituée comme suit :

Couche A, résistante à l'érosion, en saillie.

Couche A', tendre à l'érosion, en creux.

Couche B, résistante, en saillie.

Couche B', tendre, en creux.

A quelques centimètres près, ces couches ont une épaisseur constante. Là où elles commencent à émerger dans leur totalité, elles ont ensemble une puissance de 6 m. 20 et, un peu plus en amont, 5 m. 90. La couche B paraît augmenter légèrement de puissance vers l'aval.

La couche B' est particulièrement attaquable par les agents de l'érosion. Il s'y forme des abris sous roche qui peuvent atteindre jusqu'à douze mètres de profondeur, c'est-à-dire que B peut être, par places, en porte-à-faux de 12 mètres. Ce phénomène est bien connu et a été attribué généralement à l'action exclusive de l'eau courante. Nous verrons que l'eau courante n'est pas seule active dans cette formation des encorbellements.

Au-dessous de B' est la couche calcaire C, très résistante. Sous C existe un certain nombre de bancs dont nous avons mesuré la puissance dans la partie amont du défilé de Monthoux, rive droite.

On a :

Couche C	11 m. 80
Couche K	0 m. 60
Couche L	1 m.
Couche M	2 m. 60
Couche N	1 m. 50

Ces couches K à N ne sont pas abordables. Nous les avons mesurées par visées et à la corde.

Sur la rive gauche affleurent encore quelques bancs dont l'épaisseur a été estimée. Ce sont :

Couche O	1 m.
Couches P, Q, R.....	2 m.

La couche C est celle qui résiste le mieux à l'érosion fluviale. C'est elle qui forme l'abrupt vertical de l'ancienne passerelle de Monthoux.

Dans la partie amont du défilé de Monthoux, la couche C est en saillie sur les autres couches qui sont en creux.

Ces données nous seront utiles à la fois dans l'étude du lit alluvionné et dans nos recherches sur les roches immergées.

III. — Étude du lit rocheux du fleuve

Pour connaître la forme du lit rocheux, on songea tout d'abord à pratiquer des sondages au trépan avec puits tubés. On avait installé sur le fleuve deux pontons côte à côte. Le tube descendait entre les deux pontons, amarrés solidement à la rive par des câbles. Pour manier les pontons, les câbles arrivaient à des treuils fixés sur ces pontons.

Les variations rapides de niveau rendaient le travail difficile. Puis un jour, des bois flottants brisèrent le tube et ce système de forage dut être abandonné.

L'insuccès du sondage tubé fit proposer le sondage à la barre métallique (fig. 18), avec des rails éclissés, le premier rail taillé en pointe. Les éclisses ordinaires n'étaient pas suffisantes, on prit des éclisses plus allongées et le fixage se fit au rivet avec de l'acier suédois, car les écrous se brisaient.

La hauteur de chute du bélier était de 4 mètres. Les rails étaient battus à refus. Le nombre de coups de béliers par sondage fut variable, tant à cause de la résistance inégale de l'alluvion que du poids du bélier employé. Le nombre de coups varia de 1 000 à à 4 604 par colonne. Pour le profil amont, il fut frappé, par exemple, 18 046 coups de bélier.

Les rails une fois enfoncés, il était nécessaire de les couper au ras de l'alluvion, afin que les pontons puissent être placés sur un nouveau point de recherche. Nous avons essayé de les couper à l'explosif, mais sans succès. Sous une épaisseur d'eau de 3 et 5 mètres, une couronne de dynamite n'avait aucun effet. Finalement, les rails furent brisés à la traction.

Nous avons cherché à connaître aussi rigoureusement que possible les profils du lit rocheux sous l'emplacement des deux murs de garde. Nous pensions enfoncer des rails tous les 5 mètres, mais la similitude de forme des profils obtenus dans les deux lignes de sondage nous a permis d'économiser quelques colonnes (pl. II).

La forme du lit rocheux, sous une épaisseur considérable d'alluvion, est la même dans les deux profils. Il existe une sorte de lit majeur qui s'arrête entre les cotes 245 et

246 mètres, et un lit mineur, étroit de 17 mètres environ, dont la profondeur est variable. Sur le profil amont, ce lit mineur rocheux descend à la cote 231, tandis que sur le profil aval, situé à 59 mètres du précédent, la profondeur ne dépasse pas la cote 237,13. Il y a donc une contre-pente rocheuse dans le lit enseveli, phénomène inattendu et assez nouveau. On a signalé quelques contre-pentes dans d'autres cours d'eau, mais aucune n'a été étudiée avec la méthode que nous avons employée, et il est fort probable que, la plupart du temps, on a confondu le sol d'alluvion avec le sol rocheux (fig. 17, p. 33).

Fig. 19. — Sondage au rail dans le lit du Rhône

Si l'on ajoute, à l'épaisseur d'alluvion, la tranche d'eau moyenne, celle qui est assurée pendant à peu près la moitié de l'année, on arrive, pour le profil amont, le plus profond, à une épaisseur de 31 m. 10. Ce n'est pas l'épaisseur limite du travail en caisson ; on en approche, mais ce qui est important, c'est que le travail est parfaitement exécutable.

On nous a reproché le nombre insuffisant des sondages sur chaque profil transversal. M. Martel dit même que le profil en travers doit être « établi *sans aucun intervalle* ». On conviendra sans peine que cette méthode préconisée par M. Martel est quelque peu exagérée et on voit que l'honorable spéléologue ne paraît pas se douter des difficultés que présente ce genre de travail. Et, de plus, il n'y a aucune raison pour que ce système soit indispensable à Génissiat alors qu'il est superflu pour Malpertuis, où les sondages faits à la corde ont paru suffisants. Des mois nous ont été nécessaires pour étudier

nos profils en travers, alors que le profil de Malpertuis a été, semble-t-il, établi en deux jours, en 1911.

Devant les profondeurs considérables rencontrées dans le profil amont, et avant de faire les recherches du profil aval, nous avons fait une tentative en amont, à environ 300 mètres, en face du confluent du ruisseau Gabet. Les couches remontent avec le cañon ; on pouvait penser que la profondeur maxima était déterminée par un banc plus résistant qui devait donc se trouver à une profondeur moindre en amont. Nous fîmes deux sondages, dont le plus profond atteignit la cote 230,92, soit une épaisseur d'eau et de sable de près de 37 mètres. Devant ce résultat le profil du ruisseau Gabet fut abandonné. Il peut être intéressant d'essayer de nous faire une idée sur la suite des phénomènes qui ont pu aboutir à donner au lit rocheux la forme qui a été révélée par les sondages.

Voici ce que nous pensons (fig. 12 à 17).

Le phénomène de la Perte — disons le phénomène de l'étroit, selon l'excellente expression due à M. Martel, — a dû se propager peu à peu, de l'extrémité inférieure du cañon urgonien jusqu'au point où le phénomène se révèle en pleine activité de nos jours, à Bellegarde.

Cherchant à fixer sa courbe d'équilibre (du reste non encore atteinte dans tout le cañon), le fleuve, selon le phénomène de la formation des gorges rocheuses, creusait un profond chenal. L'étroitesse du chenal était dépendante de la résistance des roches à l'érosion. Ainsi que nous le savons par l'étude du cañon du Rhône et celle du cours de la Valserine, la couche C s'est montrée particulièrement résistante. L'étroit était plus étranglé dans la zone coupée par la couche C. Le lit mineur rocheux n'existerait donc que dans la région qui occupe la couche C. Il serait conservé sous l'eau à cause de l'alluvionnement, tandis que la partie supérieure aurait été élargie par le fleuve.

Ainsi par exemple, si l'étroit de Monthoux s'élargissait dans la couche C, le lit du Rhône s'alluvionnerait beaucoup plus qu'il ne doit l'être [1].

Tout le fond de l'étroit serait, pour ainsi dire, fossilisé sous une couche de sable.

La Valserine, beaucoup plus facile à étudier que le Rhône, nous montre que, dans la région où elle coule sur l'Urgonien moyen (en aval du moulin aval du Pont des Oules), le lit ne présente aucun étroit alluvionné et aucun étroit au-dessous du niveau de l'eau, ce qui est parfaitement visible, à cause de la transparence de l'eau (en particulier sous le grand viaduc de la route de Chézery).

L'étroit alluvionné n'est que l'héritage de l'étroit que détermine la couche C, ou que déterminent les couches les plus élevées de l'Urgonien supérieur (fig. 12 à 17).

Ainsi donc, en aval de Génissiat, à partir du point où la couche C est à environ 25 mètres sous le fleuve, l'étroit alluvionné ou lit mineur rocheux ne doit plus exister.

Par contre, le phénomène du lit mineur rocheux se propage en amont des étroits. Il est nettement visible en amont du Pont des Oules. On peut même cons-

1. Nous avons mesuré dans l'étroit de Monthoux, en aval, près de l'ancienne passerelle, sur le bord, une profondeur de 17 mètres.

tater que l'étroit, en amont du pont, serait beaucoup plus profond et plus long si la Valserine n'était pas encombrée par des blocs.

Cette observation a son importance, parce qu'elle doit nous faire prévoir qu'à Malpertuis doit exister très probablement un étroit *en amont* de la chute, semblable à celui qui est visible dans la Valserine. Nous avons donc tout lieu de nous demander si le profil en travers de la région amont de Malpertuis, publié par M. Mauvernay dans sa conférence de Lyon, correspond bien à la réalité.

Fig. 20. — Sondage au rail (en temps de grosse crue)

IV. — **Etude des parois immergées (sondages au diamant)**

A. *Utilité.* — Dès le début de nos études sur les conditions géologiques du projet de barrage de Génissiat, l'exécution de quatre sondages au diamant avait été décidée, sur le bord même du fleuve, au droit des futurs murs de garde. Ils ont été exécutés.

Ces sondages devaient nous donner la constitution des couches dans lesquelles et sur lesquelles seront encastrés les différents ouvrages, couches que nous ne pouvions connaître entièrement dans les parois du cañon, parce qu'elles sont immergées. Nous aurions pu essayer de connaître ces bancs de l'Urgonien inférieur et de l'Hau-

terivien en dehors du cañon, mais comme les sondages devaient nous donner encore d'autres renseignements il était important de les exécuter. Ils devaient, en effet, nous montrer s'il existe des vides dans la roche au-dessous du niveau du fleuve, vides de diaclases, de grottes ou de couches disparues.

Certaines couches émergées sont fortement atteintes par l'érosion, ainsi, les couches A' et B'. La couche B' est, par place, entamée sur plus de 12 mètres de profondeur. Ce phénomène pouvait exister pour des couches inférieures à la couche C. Il était donc de la plus grande importance de constater la présence de vides *horizontaux* ou plutôt d'espaces remplis de gravier ou de limon remplaçant la couche dissoute, espaces limités en haut et en bas par des plans horizontaux.

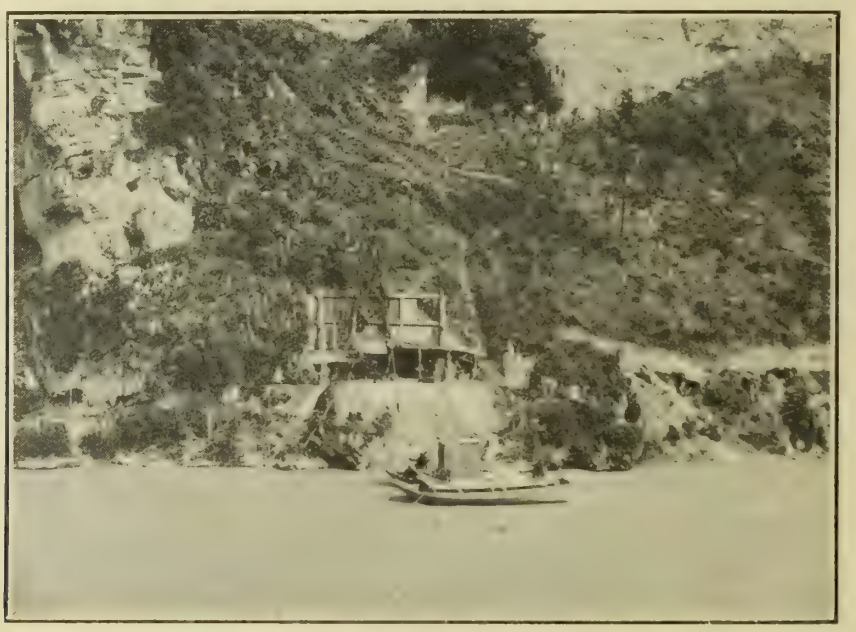


Fig. 21. — Sondage au diamant

B. *Installation.* — Les sondages ont été implantés à 4 mètres de distance du bord atteint par les plus hautes eaux connues.

Des précautions très minutieuses ont été prises. Il est intéressant de les décrire. Elles furent semblables pour chaque sondage (fig. 21-22).

Une plateforme a été disposée pour recevoir les machines. Cette plateforme est au-dessus du niveau atteint par les plus grandes crues. La plateforme est sur l'éboulis. De la plateforme part un avant-puits jusqu'à la limite de la roche en place. Cet avant-puits est en tuyaux de ciment d'un diamètre assez grand pour qu'un homme puisse y descendre. L'avant-puits est drainé. Sur la roche en place a été élevé un cône en ciment, de telle sorte qu'aucune eau étrangère ne peut pénétrer dans le sondage qui débute au sommet du cône.

L'eau d'alimentation du sondage est celle du Rhône puisée par une pompe. La crépine, à mailles très serrées, est placée aussi près que possible de la ligne de courant du fleuve, afin de puiser une eau qui contienne le minimum de matières en sus-

pension. Cette précaution est nécessaire, puisqu'on désire savoir si des couches de sable ou de limon du Rhône existent dans des vides produits par l'affouillement du fleuve dans les bancs tendres.

L'eau d'alimentation de la sonde est mise en pression dans les tiges de sondage. Un volant de pression comprime continuellement la couronne diamantée. Le développement de ce volant est suffisant pour qu'un vide d'au plus un centimètre soit reconnaissable par la chute de la couronne. Le volant de pression, multiplié encore par un levier, est toujours dans la main d'un homme. Un tube à sédiments récolte la matière constituant les manquants inévitables de quelques carottes. Celles-ci ont un diamètre de 8 centimètres.

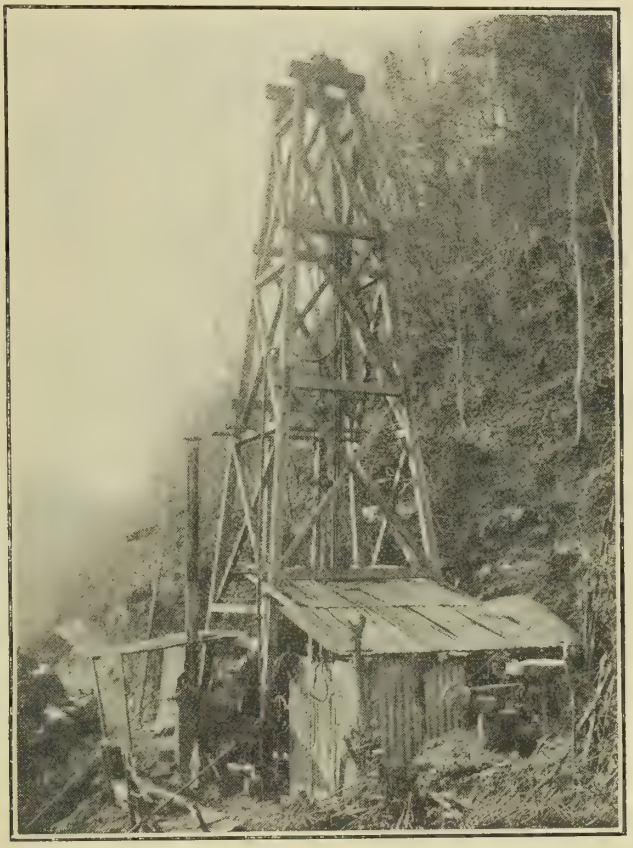


Fig. 22. — Sondage au diamant, la machinerie

Le travail a été surveillé par nous-même de temps à autre, afin de constater si toutes les précautions étaient bien prises et maintenues. Une surveillance constante a été exercée par M. Villemagne, conducteur; un journal de sondage était rempli chaque jour par le personnel. Il n'a été fait aucun travail de nuit et l'ouvrage a été interrompu quelque temps pendant les jours les plus froids de l'hiver.

Nous ne croyons pas que l'on puisse s'entourer de précautions plus minutieuses.

Les sondages sont numérotés dans l'ordre suivant :

N° 1	Rive droite amont
N° 2	Rive gauche aval
N° 3	Rive gauche amont
N° 4	Rive droite aval

C. *Résultats des sondages.* — Pour les détails concernant la longueur des carottes, leurs surfaces d'usure, etc., voir les journaux de sondages annexés (pages 97 et suiv.). La numérotation des carottes commence au toit de la couche A. Les 4 colonnes de carottes sont conservées à Génissiat avec les échantillons de sédiments.

Sondage n° 1 :

1° *Couches situées au dessus du zéro de l'échelle (262 m. 980).*

Couche A. — 265 m. 095.
263 m. 915. — Carottes 1, 2.
Carotte 1, calcaire oolithique compact.
Carotte 2, calcaire gris compact.
Donc couche A sans délits.

Couche A'. — 263 m. 915.
262 m. 350. — Carottes 2 (5), 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.
Calcaire oolithique, nombreux joints imparfaits, indiquant de nombreux délits, mais l'ensemble compact, sans vides.

2° *Couches immergées (partiellement pour la plus haute) mais connues dans la région amont.*

Couche B. — 262 m. 350.
260 m. 210. — Carottes 11, 12.
Calcaire blanc oolithique marmoréen, sans délits visibles : à la base, calcaire plus gris avec délits irréguliers.

Couche B'. — 260 m. 210.
259 m. 060. — Carotte 13.
C'est la couche redoutée à cause de son affouillement possible ; elle est formée par un calcaire oolithique plus jaune que le précédent, sans aucune trace d'affouillement.

Couche C. — 259 m. 060.
248 m. 020. — Carottes 14 à 39.
Ainsi qu'il était à prévoir, toute cette couche C est constituée par des calcaires oolithiques de compacité variable, entre celle d'une pierre dure blanche et celle d'un calcaire marmoréen. Ces calcaires sont tantôt blancs, tantôt un peu gris, parfois un peu jaunâtres. Allure d'une excellente pierre de construction façonnable. L'usure des carottes s'explique par des délits un peu plus tendres, mais constitués par la même matière.
A 248 m. 53, délit verdâtre annonçant l'Hauterivien.

3° *Couches immergées et inconnues appartenant encore à l'Urgonien.*

Couches K. L. M. — 248 m. 020.
242 m. 620. — Carottes 40 à 57.

Base de l'Urgonien, constituées par des calcaires oolithiques d'aspect de pierre blanche, mais plus dure que la pierre blanche ordinaire, quelques délits verdâtres.

C'est dans cette couche que se trouve le plateau rocheux découvert par les sondages dans le lit du Rhône.

4° *Couches immergées et inconnues appartenant à l'étage hauterivien.*

L'ensemble de ces couches est facile à reconnaître, les roches sont plus foncées, plus grises ou plus rousses.

Couche N. — 242 m. 620.
241 m. 800. — Carottes 58 et 59.

Calcaire oolithique, avec fréquents grains de glauconie (grains verts) plus compacts à la base.

Couche O. — 241 m. 800.
241 m. 430. — Carotte 60.

Calcaire oolithique bréchoïde, caractère qui s'accentue à la base.

Couche O'. — Délit marneux.

Couche P. — 241 m. 430.
240 m. 870. — Carotte 61 (1),

Calcaire oolithique roux.

Couche P'. — Délit marneux.

Couche Q. — 240 m. 870.
240 m. 000. Carotte 61 (2, 3).

Calcaire oolithique très bréchoïde. Les fragments calcaires enveloppés dans des masses arénacées, tendres, jaunâtres.

Couche Q'. — Délit marneux.

Couche R. — 240 m. 000.
239 m. 940. — Carotte 61 (4), 62, 63.

Calcaire oolithique compact, roux.

Couche S. — 239 m. 940.
239 m. 365. — Carottes 64, 65, 66.

Banc très bréchoïde, oolithique, à sédimentation irrégulière de calcaire à grains roux.

Couche T. — 239 m. 365.
235 m. 985. — Carottes 67, 68, 69, 70 (1).

Banc de calcaire oolithique blanchâtre.

Couche U. — 235 m. 985.
235 m. 425. — Carottes 70 (2), 71, 72, 73.

Calcaire oolithique plus roux ; ici a été observée une fissure absorbant l'eau, nous la discuterons plus loin. Nombreux manquants ; les sédiments montrent que ces manquants sont constitués par la même matière que la roche.

Couche V. — 235 m. 425.
234 m. 430. — Carottes 74, 75, 76.
Calcaire oolithique jaune, à grains noirs dans 74 et 75.(1) ; plus blanc à la base.

Couche V'. — 234 m. 430.
234 m. 335. — Carotte 77 (1).
Calcaire oolithique jaune avec grains abondants de glauconie dans le haut de la carotte.

Couche W. — 234 m. 335.
233 m. 230. — Carottes 77 (2, 3), 78, 79, 80 (1).
Calcaire oolithique jaune-roux, avec fréquents délits arénacés.

Couche W'. — 233 m. 230.
231 m. 140. — Carottes 80 (2), 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89.
Calcaire oolithique jaune roux, à sédimentation irrégulière ; délits arénacés fréquents. Le grand nombre de manquants s'explique par l'étude des sédiments, formés par des délits sableux oolithiques, peu cimentés ; ces délits sont donc formés par la même roche que celle des carottes, mais ils sont plus tendres.

Couche W''. — 231 m. 140.
230 m. 585. — Carotte 90 (1).
Calcaire oolithique compact, à sédimentation irrégulière.

Couche X. — 230 m. 585.
228 m. 000. — Carottes 90 (2), 91, 92 (1, 2, 3, 4).
Calcaire oolithique à sédimentation irrégulière, particulièrement au sommet de 90 (2). Sédimentation plus marneuse et arénacée.

Couche X'. — 228 m. 000.
227 m. 660. — Carotte 92 (5, 6).
Calcaire oolithique.

Couche Y. — 227 m. 660.
224 m. 685. — Carottes 93 à 98 (1).
Calcaire oolithique marno-arénacé. Roche sombre, aspect souvent bréchoïde. Silice diffuse. A l'air cette roche serait très gélive.

Couche Y'. — 224 m. 685.
222 m. 845. — Carotte 98 (2 à 6).
Roche moins sombre que la précédente par diminution de l'élément marneux inter-oolithique.

Couche Y''. — 222 m. 845.
221 m. 960. — Carotte 98 (7 à 9).
Dans la carotte 98 (7) changement rapide de la sédimentation ; la sédimentation oolithique marneuse corrode le calcaire oolithique compact jaune-roux.

Couche Z. — 221 m. 960.
219 m. 765. — Carotte 98 (10 à 18).
Calcaire oolithique gris fin, plus clair à 98 (14). Quelques délits arénacés.

Couche Z'. — 219 m. 765.
217 m. 960. — Carotte 98 (19 à 23).
Calcaire oolithique bréchoïde, arénacé, avec délits arénacés.

Couche Z''. — 217 m. 960.
217 m, 380. — Carotte 98 (24 et 25).
Calcaire oolithique plus compact (moins marneux).

Couche Z'''. — 217 m. 380.
216 m. 460. — Carotte 99 (1 à 3).
Sédimentation toujours oolithique, grise, mais moins arénacée.

Sondage n° 2.

1° et 2° *Couches situées au-dessus du zéro de l'échelle et couches immergées, mais connues dans la région amont du cañon.*

Couches A, A', B, B'. — 263 m. 510.
257 m. 930. — Carottes 1 à 15.
Il n'est pas possible de distinguer les quatre couches dans les carottes de sondage. Ce sont des calcaires blancs plus ou moins compacts. La différence de ces couches en surface vient de ce qu'elles sont plus ou moins gélives. Abritées, elles sont semblables les unes aux autres.

Couche C. — 257 m. 930.
246 m. 845. — Carottes 16 à 21 (4).
La couche B' passe insensiblement à la couche C. Ce sont des calcaires de compacité variable, mais très homogènes dans l'ensemble, parfois légèrement crayeux, souvent un vrai marbre.

3° *Couches immergées et inconnues, appartenant encore à l'Urgonien.*

Couches K, L, M. — 246 m. 845.
241 m. 058. — Carottes 21 (5) à 45.
Base de l'Urgonien, constituée par des calcaires blancs qui se confondent en haut avec la couche C. On voit des calcaires oolithiques avec quelques délits verdâtres. Il y avait 18 carottes dans le premier sondage. Ici, on en possède 25. La constitution de la roche reste donc la même.

4° *Couches immergées et inconnues, appartenant à l'Hauterivien.*

Couche N. — 241 m. 058.
240 m. 660. — Carottes 46 à 48.
Calcaire oolithique à grains de glauconie. La couche N avait été trouvée dans le sondage n° 1 à 242,62 ; la glauconie particulièrement abondante à 242,20. Il y a donc un plongement de la couche de 1 m. 15. Or, le pendage calculé doit être, ainsi qu'il est dit plus

haut, de 1 m. 20. Cette première couche va nous permettre de tirer une conclusion qui va aller se répétant pour d'autres couches encore :

Il y a une continuité absolue des couches qui forment les deux parois du cañon ; il n'y a aucune trace de diaclase avec rejet dans le cañon, aucune faille.

Couche O. — 240 m. 660.
240 m. 160. — Carottes 49 et 50.

Calcaire oolithique bréchoïde. Nous l'avons rencontré dans le sondage n° 1 entre 241 m. 610 et 241 m. 430, soit avec une différence d'altitude de 1 m. 05 à 1 m. 37. La couche n'a donc plus rigoureusement la même épaisseur, mais la concordance des deux versants reste exacte.

Couche P. — 240 m. 160.
239 m. 270. — Carottes 51 à 56.

Calcaire plus jaune et roux, oolithique, compact.

Couche Q. — 239 m. 270.
239 m. 050. — Carottes 57 et 58.

Calcaire oolithique bréchoïde, nombreux délits irréguliers, légèrement sableux. Cette couche Q débute dans le sondage n° 1 à 240 m. 87, soit à 1 m. 60 plus haut. Elle se termine à 240 mètres, soit à 1 m. 05 plus haut. Nous aurions donc ainsi une couche dont l'épaisseur ne serait pas constante. Mais cette remarque n'a aucune importance à cause de notre système de mesures. Nous évaluons les épaisseurs des couches en nous servant des longueurs complètes des carottes ou des fragments de carottes. Or, dans bien des cas, il arrive que la carotte ne se sépare pas de la précédente ou de la suivante exactement à la limite de la couche, d'où des valeurs de plongement un peu variables. Le procédé employé est rapide et suffisant, car on possède plusieurs délits qui donnent des repères absolus.

Couches R et S. — 239 m. 050.
238 m. 135. — Carottes 59 à 69.

Calcaire oolithique blanc, gris ou jaune. La partie bréchoïde de S du sondage n° 1 n'existe plus.

Couche T. — 238 m. 135.
234 m. 890. — Carottes 70, 71 et 72.

Beau calcaire oolithique blanc, absolument semblable à celui du sondage n° 1. Le toit de cette couche est très caractéristique pour la comparaison des cotes. Dans le sondage n° 1, le toit est à 239 m. 365 ; au sondage n° 2, à 238 m. 135. Différence 1 m. 23. Donc nouvelle preuve de la continuité des couches sans faille.

Couche U. — 234 m. 890.
234 m. 350. — Carottes 73 et 74.

Calcaire oolithique blanc faisant suite à la couche T. Usure accentuée des carottes comme dans le sondage n° 1.

Couche V. — 234 m. 350.
233 m. 340. — Carottes 75 à 80.

Calcaire oolithique plus ou moins jaune, à grains noirs (glauconie oxydée), comme ceux trouvés dans le sondage n° 1.

Couche V'. — 233 m. 340.
233 m. 170. — Carotte 81.

Cette petite couche présente des grains de glauconie, comme dans le sondage n° 1, entre 234 m. 430 et 234 m. 336, soit une variation de hauteur comprise entre 1 m. 12 et 1 m. 165. Moyenne 1 m. 14.

Couche W. — 233 m. 170.
232 m. 070. — Carottes 82 à 90.

Calcaire oolithique roux, jaune, avec quelques délits plus arénacés. La correspondance, mesurée sur le délit sableux du deuxième sondage, est de 1 m. 20.

Couches W', X, X', Y. — 232 m. 070.
223 m. 628. — Carottes 91 à 106 (1).

Ces couches, que nous avions distinguées dans le sondage n° 1, débutent ici par les mêmes calcaires jaunes à sédiments sableux irréguliers, mais, dans le sondage n° 1, la sédimentation foncée n'arrive qu'à la cote 227 m. 660, tandis que dans le sondage n° 2, elle apparaît déjà à 230 m. 84 environ. Il n'y a rien qui puisse nous étonner dans cette variation. Les couches changent de nature en direction, elles se chargent davantage de matière marneuse interoolithique foncée en allant du sondage n° 1 au n° 2. Ce phénomène se voit souvent en surface au haut de la zone dite des marnes d'Hauterive. Dans le sondage, ces roches, qui sont gélives à l'air libre, sont au contraire très homogènes. Ainsi, la carotte 101 a une longueur de 3 m. 20 et constitue une véritable colonne de marbre.

Couche Y'. — 223 m. 628.
221 m. 667. — Carottes 106 (2) à 106 (4).

Sédiments un peu plus calcaires, c'est-à-dire moins foncés, correspondant au Y' du sondage n° 1. Différence 1 m. 08 au toit de la couche et 1 m. 18 au mur.

Couche Y''. — 221 m. 667.
220 m. 730. — Carottes 106 (5) et 106 (6).

Sédiment encore plus calcaire que Y' ; la variation rapide de sédimentation constatée dans le sondage n° 1 n'est plus visible dans le n° 2.

Couches Z et Z'. — 220 m. 730.
216 m. 620. — Carottes 106 (7) à 111 (2).

Calcaire oolithique gris, à espaces interoolithiques marneux. Par place, délits plus arénacés.

Couche Z''. — 216 m. 620.
215 m. 490. — Carottes 111 (2) à 114.

C'est plus une zone qu'une couche proprement dite dont il s'agit, c'est-à-dire que la sédimentation étant plus calcaire, la roche redevient plus claire. C'est le même fait qui se produit dans le sondage n° 1. Ainsi, dans les plus grandes profondeurs des deux sondages, l'équivalence des couches subsiste.

Couche Z'''. — 215 m. 490.
215 m. 380. — Carotte 115.

Sédimentation oolithique foncée, arénacée, semblable à Z''' du premier sondage.

Sédiments. — L'étude attentive des sédiments à la loupe ne nous a révélé que des matériaux d'usure des roches. Il n'y a aucune présence de matériaux étrangers. *Aucune infiltration sous-rocheuse du Rhône n'existe.*

Sondage n° 3.

1°, 2° et 3° *Couches urgoniennes, situées au-dessus du zéro de l'échelle (262 m. 98) et couches immergées, mais connues dans la région amont du cañon (sauf K, L, M).*

Couches supérieures à la couche A. — 265 m. 80.
264 m. 58. — Carottes 1, 2, 3 et 4 (1).

Calcaire oolithique blanc, que l'on ne distingue pas de la couche A.

Couches A, A', B, B'. — 264 m. 58.
258 m. 56. — Carottes 4 (1) à 15 (3) (milieu).

Il n'est pas possible de distinguer ces quatre couches. Elles sont constituées par du calcaire oolithique plus ou moins compact comme dans les autres sondages. Ces quatre couches donnaient 13 carottes dans le sondage n° 1 et 15 dans le n° 2. Ici il y en a 9. Les couches paraîtraient plus homogènes, mais si le nombre des carottes est moindre, cela provient d'un fait particulier, soit la rencontre d'une couche ou plutôt d'une poche d'argile verte, englobée dans la couche B.

Couches C, K, L, M. — 258 m. 56.
242 m. 125. — Carottes 15 (3) (base) à 60.

On passe insensiblement de B' à C. Cette dernière couche se reconnaît par l'importance de son calcaire plus crayeux oolithique. De place en place, quelques délits verdâtres, comme ceux rencontrés dans les deux autres sondages. On passe insensiblement aux couches K, L, M, sans que l'on puisse reconnaître ces dernières.

4° *Couches immergées et inconnues appartenant à l'Hauterivien.*

Couche N. — 242 m. 125.
241 m. 320. — Carottes 61 et 62.

Dans le premier sondage, la couche N avait été déterminée par la présence de grains de glauconie qui apparaissaient à la cote 242 m. 62 et que nous devions retrouver par calcul, dans le sondage n° 3, à 242 m. 12.

Ces grains apparaissent entre 242 m. 125 et 242 m. 295, mais sont fréquents à partir de 242 m. 125.

Cette couche N nous donne donc un repère précieux, qui nous démontre un plongement régulier des couches de la rive droite vers celle de gauche. Dans le sondage n° 1, la base de la couche à glauconie se trouve à 241 m. 80. Ici, dans le sondage 3, nous la retrouvons à 241 m. 32. Différence 0 m. 48 au lieu de 0 m. 50. Nous pouvons, par cette couche N, tirer la conclusion qui sera confirmée par d'autres couches :

Il y a plongement régulier des couches à travers le cañon immergé entre le sondage n° 1 et le sondage n° 3. Aucune faille longitudinale, c'est-à-dire parallèle au cours du Rhône dans le cañon.

Couches O, P, Q. — 241 m. 320.
240 m. 000. — Carottes 63 à 66 (2).

Ces couches, dans le sondage n° 1, se présentent avec des caractères bréchoïdes que nous retrouvons dans le sondage n° 3. La base de Q se trouve à 240 mètres dans le sondage n° 3, à 240 m. 50 dans le sondage n° 1.

Différence 0 m. 50, rigoureusement conforme à la prévision. Nouvelle preuve de l'inexistence de faille parallèle au lit du Rhône.

Couches R et S. — 240 m.

238 m. 860. — Carottes 66 (3) à 71 (3) (haut).

La couche R débute dans le sondage n° 1, à 240 m. 500. Ici, dans le troisième sondage, à 240 mètres. On passe de R progressivement à S, caractérisé, dans le sondage n° 1, par une zone bréchoïde qui avait disparu dans le sondage n° 2 et que nous retrouvons dans le n° 3.

Au 1, la base de S était à 239 m. 365. Ici, dans le 3, elle est à 238 m. 85, dans le milieu de la carotte 71 (3) soit vers 231 m. 85, ce qui ferait 0 m. 85 de différence au lieu de 0 m. 50. Cet écart est dû au fait que S est une couche variable d'épaisseur et de constitution. Il s'agit plus d'une zone que d'une couche proprement dite, car aucun délit ne la limite, ni au toit, ni au mur.

Couches T et U. — 238 m. 860.

235 m. 025. — Carottes 71 (3) (base) à 81.

La couche T est bien caractéristique par son caractère oolithique blanc-jaunâtre crayeux. Sa base devient peu à peu plus rousse pour constituer la zone U, semblable à celle du sondage n° 1.

Couches V et V'. — 235 m. 025.

233 m. 830. — Carottes 82 à 86.

Ces couches V et V' sont extrêmement caractéristiques et nous ont servi déjà de repère dans la comparaison des carottes des sondages n° 1 et n° 2.

La couche V débute par l'apparition de très petits grains noirs difficilement visibles à l'œil nu. Ils appartiennent à de la glauconie oxydée. Dans le n° 1, ils apparaissent à 235 m. 425 ; ici nous les voyons arriver à 235 m. 025 : différence 0 m. 40, ce qui rentre dans les limites permises, car, si nous allons plus bas, la base de V devrait être par calcul à 234 m. 430 moins 0 m. 50. Nous la retrouvons à 233 m. 93, soit une dénivellation de 0 m. 50, conforme à la prévision.

V' devrait se terminer à 234 m. 335 moins 0 m. 50. Nous trouvons la cote de 233 m. 83, soit une différence de 0 m. 505. *Nouvelle démonstration du plongement régulier des couches.*

Couches W, W', W'', X, X' Y, Y'. — 233 m. 830.

222 m. 235. — Carottes 87 à 102 (3).

La couche W débute ici, comme dans le sondage n° 1, par des grains noirs que nous n'avons pas pu voir dans le sondage n° 2.

Nous retrouvons les mêmes délits sableux un peu siliceux, la même sédimentation irrégulière.

La sédimentation grise hauterivienne débute au n° 1, à 227 m. 66 ; au n° 2, elle était à 230 m. 84 ; elle est à 232 m. 68 au n° 3.

N° 1 : 227 m. 660	aurait dû se trouver à	227 m. 660,	différence	0 m. 00
N° 2 : 230 m. 84	—	226 m. 46	—	3 m. 38
N° 3 : 232 m. 68	—	237 m. 16	—	5 m. 52

Dans la description relative au sondage n° 2, je dis que cette inégalité de niveau n'a rien de surprenant, car la variation entre la sédimentation jaune et la grise ne se fait que par l'apport de matériaux marneux interoolithiques ; elle peut, de ce fait, être très irrégulière,

et il semble bien que nous trouvons la confirmation de cette irrégularité par les résultats du sondage n° 3.

La régularité réapparaît du reste dans la couche suivante.

Couches Y', Z', Z'', Z'''. — 222 m. 235
218 m. 395. — Carottes 102 (4) à 111.

Dans le sondage n° 1, la couche Y' est caractérisée par une apparition de la sédimentation jaune sous la sédimentation grise. Ici, cette zone plus claire, avec une différenciation moins tranchée, apparaît à 222 m. 235. Différence 0 m. 60. Cette variation de 0 m. 11 n'a rien qui doive nous étonner ; elle est due à la transition lente de la sédimentation jaune à la grise, tandis que dans le sondage n° 1 il y a passage brusque.

Le fait de rencontrer à des profondeurs semblables des zones analogues, continues, nous démontre bien le plongement régulier des couches.

Ainsi donc, du haut en bas, les produits du sondage n° 3 *nous donnent des points de repère démontrant la permanence du plongement régulier des couches de la rive droite vers la gauche.*

Conclusion : *Il n'y a aucune faille, soit longitudinale, soit parallèle au lit du fleuve, dans le cañon immergé du Rhône.*

Sondage n° 4.

1°, 2° *et* 3° *Couches urgoniennes situées au-dessus du zéro de l'échelle (262 m. 98) et couches immergées, mais connues dans la région amont du cañon (sauf K, L, M).*

Couches supérieures à la couche A. — 264 m. 71
264 m. 20. — Carottes 1 et 2.

Débris de béton de l'avant-puits et fragments de calcaire oolithique blanc.

Couches A, A', B, B'. — 264 m. 20
258 m. 330. — Carottes 3 à 19.

On ne peut distinguer ces quatre couches dans le calcaire blanc, plus ou moins oolithique, extrait par la couronne. Le nombre des carottes est plus grand que dans les autres sondages, ce qui dénoterait une moindre cohésion de la roche. Ce phénomène est à peu près constant pour l'ensemble des couches du sondage n° 4

On passe insensiblement à la couche suivante sans démarcation visible.

Couches C, K, L, M. — 258 m. 330
241 m. 800. — Carottes 20 à 51.

Ensemble de calcaire oolithique plus ou moins compact ou plus ou moins crayeux, blanc ou jaune. De place en place, quelques délits verdâtres comme dans les autres sondages. Les carottes présentent un peu plus de fissures verticales et obliques que d'habitude. Ces fêlures sont toujours colmatées rigoureusement. Aucune trace de passage d'eau sous forme stalactitique ou de calcite.

4° *Couches immergées et inconnues, appartenant à l'Hauterivien.*

Couches N, O, P, Q, R, S. — 241 m. 800
238 m. 495. — Carottes 52 à 70.

Le toit de la couche N se reconnaît aisément par la présence des grains de glauconie qui la caractérisent.

Dans le sondage n° 1, cette couche N apparaît à 241 m. 62. Nous devrions la retrouver à 241 m. 74. C'est à 241 m. 800, soit à 0 m. 06 près, que nous constatons dans le sondage n° 4 la présence de ces grains verts caractéristiques.

Ainsi donc, le plongement des couches entre les deux sondages est absolument régulier et conforme au calcul. Ce résultat démontre l'absence complète de faille qui décalerait les couches en profondeur, tout au moins jusqu'à la couche N.

L'ensemble des couches O, P, Q, R et S est semblable à ce qui a été trouvé dans les autres sondages. Le fait qu'elles ne sont pas caractérisées par des limites franches ne nous a pas entraîné à calculer pour elles leur plongement.

Couches T, U. — 238 m. 495.
234 m. 620. — Carottes 71 à 87.

Couches faciles à reconnaître, T par des calcaires oolithiques et U par la couleur rousse et la compacité plus grande de la roche.

Couche V. — 234 m. 620.
233 m. 620. — Carottes 88 à 98.

La couche V est caractérisée dans sa partie supérieure par de petits grains noirs très caractéristiques et aisés à retrouver à la loupe.

D'après le sondage n° 1, le toit de la couche devrait se trouver à 234 m. 545. En réalité nous le rencontrons à 234 m. 62, soit avec un écart de 0 m. 075. Cet écart est dans les valeurs permises et l'examen de la couche suivante va nous en donner la preuve péremptoire.

Couche V'. — 233 m. 620.
233 m. 300. — Carottes 99 et 100 (1) en partie.

Cette faible couche ou zone est caractérisée par un nuage de grains de glauconie particulièrement abondants dans le bas de la carotte, à partir de 233 m. 55. Or, c'est à cette cote que, d'après le calcul, devraient apparaître ces grains verts.

La couche V' nous permet donc de vérifier le fait d'un *plongement très régulier des couches sans décalage dû à une faille.*

Couches W, W', W'', Y et Y'. — 233 m. 300.
221 m. 940. — Carottes 100 à 139 (1) (haut).

Le haut de la couche W est à la cote 233 m. 30, alors qu'il devrait se trouver, par le calcul basé sur le sondage n° 1, à 233 m. 45. Différence de 0 m. 15, qui provient exclusivement du fait que le nuage de glauconie s'est un peu élargi. Les grains noirs qui remplacent plus bas cette glauconie fraiche, — car les grains noirs paraissent être de la glauconie oxydée, — nous montrent que la couche W possède toujours ses caractères distinctifs.

La sédimentation grise hauterivienne, qui va rendre le reste du sondage très uniforme, débute déjà à 232 m. 60, alors que, d'après le sondage n° 1, on n'aurait dû l'atteindre qu'à 226 m. 78. La différence serait de 5 m. 82, soit la plus considérable, puisqu'elle n'était que de 5 m. 52 dans le sondage n° 3.

C'est toujours cette irrégularité frappante du haut de la sédimentation dite des Marnes d'Hauterive. Il n'y a pas lieu de s'en préoccuper. J'explique, dans les pages relatives au deuxième sondage, la raison de cette variation.

Jusqu'à Y' les couches sont gris foncé. Elles sont plus bréchoïdes dans ce sondage que dans les précédents, comme du reste l'ensemble des couches.

Couches Y''. — 221 m. 940.

221 m. 000. — Carottes 139 (1) (bas) à 141 (haut).

La couche Y'' est des plus caractéristiques. C'est une zone plus calcaire, plus jaune, au milieu de la sédimentation sombre des marno-calcaires oolithiques foncés.

Cette couche est très importante, car elle nous donne un repère précieux dans l'uniformité de sédimentation des régions inférieures des sondages.

D'après le sondage n° 1, cette couche devrait être comprise entre les cotes 221 m. 92 et 221 m. 08. Or, nous la croisons entre 221 m. 94 et 221 mètres, soit avec des écarts de 0 m. 02 à 0 m. 08, autrement dit avec une concordance telle que l'on peut ainsi montrer que, du haut en bas, n'existe aucune faille qui sépare les sondages 1 et 4.

Couches Z, Z', Z''. — 221 m.

215 m. 175. — Carottes 141 (bas) à 156.

Série de zones gris foncé de calcaire marneux à fréquents apports sableux, parfois très bréchoïde.

D. *Analyse des résultats des sondages au diamant.* — 1° Absence de vides horizontaux. — La lecture des quatre sondages au diamant nous montre *qu'aucun vide horizontal n'a été rencontré.*

L'étude attentive des sédiments impalpables ramenés par les tubes à sédiment démontre que ces *boues ne sont que le produit d'usure des manquants.*

Il n'existe pas de porte-à-faux de couches pénétrant jusqu'aux quatre puits. Ainsi donc les sondages au diamant nous *déterminent la limite des murs de garde. Ces murs de garde et le corps du barrage immergé n'auront pas à être encastrés au-delà des quatre puits.*

C'est là un premier résultat très important, car il permet d'estimer quelles seront les limites d'appui des travaux pneumatiques.

Les vides que présentent certaines couches dans le cañon, ont toujours été attribués à l'érosion fluviale exclusivement. C'est une idée déjà exprimée par Saussure et que les dessins de Vogt et de Renevier ont rendue classique.

Il est certain que, lorsqu'on examine ces encorbellements au voisinage de la surface de l'eau, l'explication d'y voir l'effet exclusif de l'érosion fluviale paraît si simple, que l'on ne tente aucune autre interprétation. Ce fut du reste en grande partie pour connaître la pénétration de ces vides que nous avons fait les sondages diamantés.

Mais le fait de ne pas avoir rencontré de ces porte-à-faux au-dessous du niveau fluvial nous autorise à donner une autre explication de ce phénomène.

C'est un fait fort fréquent de constater, dans les parois de roches sédimentaires de composition différente, la mise en saillie ou en creux des couches, selon leur inégale résistance aux agents des intempéries : humidité, pluie ou gel. A différentes hauteurs, dans le cañon du Rhône lui-même on voit ce phénomène, connu des montagnards sous le nom de *vire*.

Au bord du Rhône, l'action serait la suivante : lorsque le Rhône est bas, en hiver, les couches gélives du voisinage du fleuve sont émergées. Gorgées par l'eau d'été, elles

éclatent sous l'action du gel. Lorsque le Rhône est en hautes eaux d'été ou en grandes crues d'hiver, il entraîne les matériaux éclatés par le gel. Ainsi, par cette double action, se forment ces profonds porte-à-faux, qui sont d'autant plus exagérés qu'ils se trouvent au voisinage du niveau du fleuve.

Lorsque l'on suit le porte-à-faux déterminé par la couche B' par exemple, on le voit ayant environ quinze mètres de profondeur à la sortie du défilé de Monthoux. Dans le défilé de Monthoux lui-même, il se réduit peu à peu au fur et à mesure que la couche s'éloigne des limites d'immersion. D'autre part, sous l'eau, nous savons par nos sondages que le phénomène n'existe pas. Il y a donc une région d'intensité maximale qui correspond sensiblement avec le niveau des *hautes eaux* d'inondation. On voit donc bien que ces encorbellements ne sont pas le résultat de la simple érosion fluviale. Nous ne voulons pas nier que l'érosion fluviale, par ses mouvements tourbillonnaires, corrode particulièrement le pied des escarpements, mais les grands porte-à-faux n'existeraient pas s'il n'y avait pas d'action gélive dans la région.

2° Vides obliques. — Dans le sondage n° 1, dans la traversée de la couche U, une fente oblique a été rencontrée. Nous disons qu'elle est oblique parce que sa rencontre n'a pas été accompagnée par une chute de la couronne. Cette cassure ne peut consister qu'en une diaclase qui n'a été aperçue que parce qu'elle absorbait une partie de l'eau de la pompe. La diaclase doit être très étroite par ce fait même qu'elle ne pouvait débiter toute l'eau en pression dans les tiges de sondage.

On observe dans plusieurs carottes du sondage n° 4 des fêlures de carottes, fêlures obliques ou verticales, soit surface de stylolithes, mais aucune de ces fêlures n'est baillante. Elles sont toutes bien occluses.

Nous reviendrons plus loin sur la fissure oblique du sondage n° 1 en discutant la présence d'une diaclase visible dans la paroi de la rive gauche un peu en aval du barrage. Mais nous pouvons déjà dire que, par le fait de son obliquité, la fissure du sondage n° 1 sera entièrement enrobée dans le béton et rendue de ce fait imperméable ; il ne s'agit pas d'une fêlure par laquelle passerait une source, car les tubes à sédiments n'ont rapporté aucune trace d'argile résiduaire.

3° Présence d'argile résiduaire. — Dans le sondage n° 3 (rive gauche amont), il a été rencontré, dans la couche B, un dépôt verdâtre constitué par de l'argile compacte qui devient assez facilement plastique. Nous avons cru au début de nos recherches qu'il s'agissait d'une crevasse colmatée par de l'argile sidérolithique. La rencontre d'argile semblable dans la galerie que nous forons en ce moment dans la rive droite nous autorise à dire qu'il s'agit d'argile résiduaire formée par une source. Cette source n'est pas connue, et probablement elle n'existe plus. Comme la poche rencontrée est entièrement formée par cette argile, qui constitue par elle-même un milieu imperméable, et comme d'autre part cette poche a été rencontrée dans le voisinage du plan d'eau, il sera facile, pendant l'exécution, de la décaper et de l'obturer complètement au ciment. Elle serait en entier comprise dans le mur de garde, lequel pourrait, au voisinage de cette poche, être encastré un peu plus que dans la région immédiatement plus basse.

4° Résistance des roches rencontrées a l'écrasement. — Lorsque nous avons dû définir les couches rencontrées par le premier sondage, nous avons subdivisé le nombre des couches à l'extrême, c'est-à-dire que nous avons appelé couche toute région ou zone d'une couche qui nous paraissait se distinguer par une toute petite variabilité de la zone immédiatement voisine. Comme nous ne savions pas comment il nous serait possible de comparer les roches rencontrées les unes avec les autres, la moindre remarque, même très futile, pouvait nous aider. Plus tard, dans les autres sondages, nous avons vu qu'il n'y avait plus intérêt à une subdivision aussi exagérée, mais il n'en reste pas moins que nous n'aurions pu faire aucune comparaison si nous n'avions pas poussé aussi loin le dénombrement des couches dans le premier sondage, car, ainsi que nous le verrons plus loin, ce ne sont guère que des nuages de grains de glauconie, assez délicats à observer par places, qui nous ont permis d'établir le parallélisme des couches.

Les roches rencontrées par les sondages sont toutes des calcaires, les uns très compacts, les autres plus oolithiques et plus crayeux et enfin, dans l'Hauterivien, des calcaires plus marneux et un peu arénacés grâce à la présence de particules très réduites de quartz.

Il y a ainsi deux séries de couches.

A. — Série calcaire oolithique, en général des calcaires de teinte claire appartenant à l'Urgonien inférieur.

B. — Série calcaire hauterivienne, constituée par des calcaires oolithiques plus jaunes et plus roux, souvent gris, plus ou moins sombres, selon la charge de matières marneuses ou arénacées entre les grains d'oolithes.

Les roches grises de la région inférieure appartiennent à ce que les géologues appellent les marnes d'Hauterive, mais on sait que dans le Jura, en descendant du Nord vers le Sud, ces marnes deviennent de plus en plus calcaires ; dans nos sondages, ce sont des calcaires remarquablement résistants, car ils forment souvent des carottes qui dépassent 1 mètre.

Le fait que les marnes d'Hauterive plus compressibles sont absentes, qu'elles sont remplacées par des calcaires oolithiques un peu marneux, mais très résistants, nous montre que *les roches rencontrées peuvent supporter le poids du barrage sans craindre une déformation.*

Nous n'avons pas fait soumettre des carottes à des expériences d'écrasement, car ces expériences n'ont d'intérêt que lorsqu'on utilise la roche pour des constructions, mais sont d'une inutilité complète quand la roche doit supporter une pression de nature hydrostatique, c'est-à-dire une pression de pénétration. Or, à ce point de vue, on peut être certain que les roches rencontrées peuvent supporter des pressions de plus de 100 kilogs.

J'ai plusieurs fois, en Suisse, pour le calcul de piles de pont, fait des expériences de pénétration. Des roches marneuses qui se déformaient à l'écrasement en colonne pour des pressions de 200 grammes pouvaient résister à la pénétration à 8 kilogrammes par centimètre carré.

5° Comparaison des quatre sondages au diamant. — En examinant attentivement les résultats des quatre sondages au diamant, on est frappé par un fait qui demande quelques explications.

Le parallélisme peut être excellent sur le toit d'une couche et moins bon à la base de celle-ci ou inversement, ce qui semblerait montrer une irrégularité d'épaisseur des couches, et en conséquence, toute comparaison deviendrait illusoire.

Ainsi, par exemple, à propos de la couche V'.

Sondage....	1	2	3	4
Toit.....	234 m. 435	233 m. 340	234 m. 430	233 m. 620
Mur.....	234 m. 335	233 m. 170	233 m. 830	233 m. 430
Epaisseur..	0 m. 100	0 m. 170	0 m. 600	0 m. 190

Ces variations d'épaisseur sont peut-être réelles, mais elles sont toutefois suspectes. Une des premières causes d'erreur est que nous avons, au début de nos recherches, pris le sommet des carottes, ainsi que leur base, comme limite des couches. Ce système de mesure peut n'avoir aucun inconvénient lorsque les carottes sont petites et la couche épaisse, par contre l'erreur peut être grande pour de grandes carottes et de petites couches.

Faute d'expérience et d'attention, je n'ai pas songé à ces inconvénients au début de mes mesures, simplement parce qu'il était difficile d'enregistrer dans le journal la limite de couche à travers une carotte de sondage. Nous avons été vers ce qui nous paraissait le plus simple et le plus court.

Dans le présent mémoire, nous avons tenu à présenter les résultats de nos sondages sans les modifier, sans retoucher les cotes des délits qui séparent les couches typiques. Il est arrivé dans mon travail ce qui arrive souvent, c'est-à-dire que l'on devient de plus en plus sévère pour soi-même au fur et à mesure que l'œil s'affine, parce que les matériaux de comparaison sont plus nombreux et l'expérience plus grande.

La comparaison des couches rencontrées dans les sondages ne peut s'établir avec une sûreté absolue que sur un nombre limité de couches. Et l'assurance peut être à tel point certaine que nous avons pu, dans les deux derniers sondages, prévoir, avec certitude, l'arrivée de tel banc caractéristique à une profondeur calculée à l'avance.

Les couches, à Génissiat, plongent de la rive droite vers la gauche comme dans toute l'étendue du cañon. En nous basant sur les affleurements de la couche A nous avons calculé que le pendage devait avoir, entre les sondages 2, 3, 4, rapporté au sondage n° 1, la valeur suivante :

Sondages 1-2.....	1 m. 20
Sondages 1-3.....	0 m. 50
Sondages 1-4.....	0 m. 88

Si aucune cassure avec rejet n'existe dans le cañon à Génissiat, les cotes des couches nettement caractérisées, rencontrées dans les trois derniers sondages, doivent présenter des décalages de couches par rapport à leur cote dans le sondage n° 1, sensiblement voisins des chiffres ci-dessus. Ces chiffres, calculés sur l'affleurement, ne doivent cependant pas être considérés comme absolus, par la raison que les délits de ces couches

émergées ne sont pas délimitables rigoureusement, et c'est en se basant sur ces délits que les mesures ont été faites, parce qu'elles ne pouvaient pas être établies sur un autre élément.

Dans le calcul du repérage des couches dans les sondages, en se rapportant toujours au sondage n° 1, nous ferons intervenir trois éléments géométriques :

a) Le toit de la couche ;

b) Le mur de la couche ;

c) Le plan moyen de la couche.

Nous appelons *plan moyen d'une couche* le plan de symétrie de la couche, c'est-à-dire le plan qui divise la couche en deux parties égales. En comparant les valeurs calculées sur ces trois éléments, on peut ainsi savoir si une couche s'amincit ou s'épaissit et si ces amaigrissements ou engraissements se font sentir sur le toit ou sur le mur de la couche, en considérant le plongement du plan moyen.

Les cas suivants peuvent se présenter :

1. — Si une couche s'amincit d'une quantité égale par rapport au plongement moyen de l'ensemble des couches, on a :

A. — Augmentation du pendage du toit.
B. — Fixité du pendage du plan moyen.
C. — Diminution du pendage du mur.

2. — Si la couche s'épaissit d'une quantité égale par rapport au plongement moyen de l'ensemble des couches, on a :

A. — Diminution du pendage du toit.
B. — Fixité du pendage du plan moyen.
C. — Augmentation du pendage du mur.

3. — Si la couche s'épaissit exclusivement au bénéfice du toit, on a :

A. — Diminution du pendage du toit.
B. — Diminution du pendage du plan moyen.
C. — Fixité du pendage du mur.

4. — Si la couche s'épaissit exclusivement au bénéfice du mur, on a :

A. — Fixité du pendage du toit.
B. — Augmentation du pendage du plan moyen.
C. — Augmentation du pendage du mur.

5. — Si la couche s'amincit au détriment du toit on a :

A. — Augmentation du pendage du toit.
B. — Augmentation du pendage du plan moyen.
C. — Fixité du pendage du mur.

6. — Si la couche s'amincit au détriment du mur, on a :

A. — Fixité du pendage du toit.
B. — Diminution du pendage du plan moyen.
C. — Diminution du pendage du mur.

7. — Si la couche s'augmente au bénéfice du toit, mais diminue au détriment du mur, on a :

A, B, C. — Diminution de tous les pendages.

8. — Si la couche s'amincit au détriment du toit, mais augmente au bénéfice du mur, on a :

A, B, C. — Augmentation de tous les pendages.

9. — S'il y a faille avec rejet, une variation anormale doit apparaître dans les colonnes de chiffres.

Connaissant toutes les possibilités géométriques, il nous est possible d'aborder l'examen de quelques couches dont les délits limites sont nettement reconnaissables et évalués à leur cote exacte, sans prendre en considération les limites des carottes de sondage[1].

Couche N. — Cette couche est facile à reconnaître à cause de la fréquence des grains de glauconie.

Sondage n°	1	Toit 242 m. 40
—	2	— 241 m. 56
—	3	— 242 m. 00 ou 242 m. 28
—	4	— 241 m. 525

Dans le sondage n° 3, le nuage de glauconie apparaît obliquement dans la carotte entre 242 mètres et 242 m. 28.

Sondage n°	1	Mur 241 m. 96
—	2	— 240 m. 58
—	3	— 241 m. 32
—	4	— 241 m. 11

Ce qui nous donnerait pour l'épaisseur de la couche N :

Sondage n°	1	0 m. 44
—	2	0 m. 98
—	3	0 m. 68 ou 0,96 (moy. 0,82)
—	4	0 m. 415

Voilà des chiffres fort différents, et cependant il se dégage une règle : à savoir que sur la rive droite l'épaisseur est à peu près constante ; elle va en augmentant vers la rive gauche et d'autant plus que l'on s'éloigne du sondage n° 1.

Cherchons maintenant à connaître, en appliquant les règles ci-dessus énoncées, si l'épaississement se fait vers le haut ou le bas de la couche; pour cette opération, continuons à comparer au sondage n° 1.

	Pendage —	Pendage —
Sondages 1-2	Toit 0 m. 84	Mur 1 m. 38
Sondages 1-3	— 0 m. 12 ou 0 m. 40	— 0 m. 64
Sondages 1-4	— 0 m. 87	— 0 m. 85

Nous constatons qu'entre 1 et 2 la couche s'épaissit à la fois en haut et en bas ;

1. D'où des variations dans les cotes-limites des couches avec celles indiquées dans les descriptions des sondages. Nous n'avons pas voulu modifier les journaux de sondage afin de montrer les étapes successives de nos recherches.

entre 1 et 3, la couche s'épaissit vers le haut et légèrement vers le bas ; entre 1 et 4 il y a une très légère diminution d'épaisseur en haut et en bas.

Ceci acquis, ne cherchons plus le pendage en nous basant sur le toit et le mur comme dans le tableau ci-dessus, mais en nous basant sur le plan moyen, nous aurons :

	Sondage 1	Sondage 2	Sondage 3		Sondage 4
	—	—	—		—
Toit....	242 m. 40	241 m. 56	242 m. 00	242 m. 28	241 m. 525
Mur....	241 m. 96	240 m. 58	241 m. 32	241 m. 32	241 m. 11
		Moyenne (plan moyen)			
	242 m. 18	241 m. 07	241 m. 66	241 m. 80	241 m. 317

Différence :

Sondages 1-2 sur le plan moyen 1 m. 11
Sondages 1-3 — 0 m. 52 ou 0 m. 38 (moyenne 0 m. 45)
Sondages 1-4 — 0 m. 863

Les décalages calculés sur le terrain devraient être de :

Sondages 1-2. ..... 1 m. 20
Sondages 1-3..... 0 m. 50
Sondages 1-4... ..... 0 m. 88

Nous corrigeons ainsi quelque peu les valeurs calculées sur affleurements. Examinons une autre couche pour savoir si la correction est du même sens.

Couche V.

Sondage n° 1.....	Toit 235 m. 425	Mur 234 m. 45
— 2.....	— 234 m. 350	— 233 m. 22
— 3.....	— 234 m. 860	— 233 m. 83
— 4.....	— 234 m. 400	— 233 m. 55

Ce qui nous donne pour l'épaisseur de cette couche :

Sondage n° 1..... 0 m. 975
— 2..... 1 m. 13
— 3..... 1 m. 03
— 4..... 0 m. 85

L'épaisseur de cette couche est plus constante que celle de la couche N, mais la règle de variations d'épaisseurs se retrouve. Il est inutile pour des différences si faibles de rechercher dans quel sens vertical la couche s'épaissit ou s'amincit.

En comparant toit et mur des sondages 2, 3, 4, avec le sondage n° 1, il y aurait un pendage de :

Sondages 1-2.....	Toit 1 m. 075	Mur 1 m. 23
— 1-3.....	— 0 m. 565	— 0 m. 62
— 1-4	— 1 m. 025	— 0 m. 90

En déterminant ce pendage sur le plan moyen de la couche selon la méthode employée pour la couche N, nous aurons :

Sondages 1-2 :	sur le plan moyen 1 m. 152 ;	sur l'affleurement 1 m. 20
— 1-3	0 m. 592	0 m. 50
— 1-4	0 m. 962	0 m. 88

Ces chiffres sont un peu différents de ceux trouvés pour la couche N, mais ils sont relativement semblables. La variation de quelques centimètres est due à la variabilité de puissance de la couche et il ne faut pas oublier que nous comparons des coupes situées à une distance minimum de 59 mètres les unes des autres.

Couche Y''.

Sondage n° 1.....	Toit 222 m. 83	Mur 221 m. 91
— 2.....	— 221 m. 64	— indéfinissable
— 3.....	— 222 m. 29	— 221 m. 33
— 4.....	— 221 m. 94	— 221 m. 00

Ce qui nous donne pour l'épaisseur de la couche :

Sondage n° 1.....	0 m. 92
— 2.....	?
— 3.....	0 m. 96
— 4.....	0 m. 94

En comparant toit et mur avec ceux du sondage n° 1, on a les plongements suivants :

Sondages 1-2.....	Toit 1 m. 19	Mur ?
Sondages 1-3.....	— 0 m. 54	— 0 m. 58
Sondages 1-4.....	— 0 m. 89	— 0 m. 91

Recherchons la valeur des pendages sur le plan moyen de la couche :

Sondages 1-2.....	?
— 1-3.....	0 m. 56
— 1-4.....	0 m. 90

Nous trouvons donc des valeurs très semblables aux précédentes.

Couche Z''.

Le mur seul peut nous donner des renseignements utiles.

Sondage n° 1.....	Mur 217 m. 34
— 2.....	— 216 m. 245
— 3.....	Non atteinte par le sondage
— 4.....	Mur 216 m. 37

Comparé au sondage n° 1, le pendage est de :

Sondages 1-2	1 m. 095
— 1-3	?
— 1-3	0 m. 97

Nous avons choisi à dessein les couches N, V, Y″, Z″, parce que ce sont les seules couches des colonnes de sondage où l'on puisse établir des niveaux certains, au centimètre, sans que l'observation puisse être qualifiée de subjective.

En outre, ces couches se répartissent à différentes hauteurs dans les colonnes, ce qui fait que, si un écart se produisait dans les valeurs moyennes des pendages, une diaclase oblique avec rejet qui n'intéresserait qu'une section d'une colonne serait immédiatement signalée. Nous pouvons ainsi déjà nous prononcer sur la fissure rencontrée dans la couche U du premier sondage. Elle n'est en tout cas pas le résultat d'une diaclase à rejet et nous verrons plus loin, dans le paragraphe suivant, l'importance de cette déduction.

Les valeurs de pendage trouvées sont donc les suivantes :

		Sondages 1-2	Sondages 1-3	Sondages 1-4
N	Toit	0 m. 84	0 m. 26	0 m. 87
	Plan moyen	1 m. 11	0 m. 45	0 m. 863
	Mur	1 m. 38	0 m. 64	0 m. 85
V	Toit	1 m. 075	0 m. 565	1 m. 025
	Plan moyen	1 m. 152	0 m. 592	0 m. 962
	Mur	1 m. 23	0 m. 62	0 m. 90
Y″	Toit	1 m. 19	0 m. 54	0 m. 89
	Plan moyen	?	0 m. 56	0 m. 90
	Mur	?	0 m. 58	0 m. 91
Z″	Mur	1 m. 095	?	0 m. 97
Valeur calculée sur l'affleurement		1 m. 20	0 m. 50	0 m. 88

Ces valeurs sont quelque peu différentes les unes des autres. *L'écart autour de leur moyenne provient du fait de l'inégale puissance de ces couches.* Le fait de voir les chiffres de ces trois colonnes osciller autour de valeurs très semblables, dont la cause de variation nous est connue, c'est-à-dire l'épaisseur des couches, est la démonstration de l'absence complète de diaclase avec rejet dans le cañon, à Génissiat.

Si pour la couche N nous ne possédions que les chiffres du toit et du mur, on pourrait croire qu'un décalement existe dans cette couche, mais connaissant la variabilité d'épaisseur de la couche et le plongement moyen, on voit que toute idée de décalement brusque, dû à une faille, doit être écarté.

Les chiffres de plongements d'un sondage à l'autre sont les suivants :

	CALCULÉ SUR L'ENSEMBLE DES CHIFFRES DU TABLEAU PRÉCÉDENT	CALCULÉ SUR LE PLAN MOYEN	CALCULÉ SUR L'AFFLEUREMENT
Sondages 1-2	1,134	1,136	1,20
— 1-3	0,534	0,537	0,50
— 1-4	0,914	0,912	0,88
Moyenne des 3 valeurs.	0,861	0,861	0,860

La comparaison de ces trois moyennes nous démontre d'une manière absolue l'absence totale de diaclase avec rejet dans le cañon, sur l'emplacement projeté par le barrage.

Cherchons à connaître si les couches comprises dans le quadrilatère déterminé par les sondages subissent un gauchissement. Il n'y a qu'à trouver la différence de croisement des diagonales de la moyenne des plans moyens. On constate que le gauchissement est de plus ou moins 0,0785, autrement dit les couches forment dans l'ensemble des plans presque droits, raison de plus pour penser qu'elles ne sont pas brisées.

Avant de terminer ce paragraphe relatif aux résultats des sondages diamantés, il est un fait sur lequel nous désirons attirer l'attention, à savoir l'inégalité frappante des cotes du sommet de la sédimentation sombre hauterivienne. Un esprit non prévenu pourrait penser à une cassure s'il ne savait pas déjà qu'une couche très profonde, la couche Z″, inférieure à ce sommet de la sédimentation hauterivienne, ne subissait aucun décalage spécial.

Les cotes du sommet de cette sédimentatiou hauterivienne sont les suivantes :

Sondage n° 1.	227 m. 66	En comparaison avec le sondage n° 1, les cotes devraient être, vu le plongement repéré sur d'autres couches :	227 m. 66
— 2.	230 m. 84		226 m. 46
— 3.	232 m. 68		227 m. 16
— 4.	232 m. 60		226 m. 88

Comme on retrouve au-dessous de cette sédimentation grise des couches qui permettent un repérage parfait, semblable à celui des couches qui la surmontent, on voit que l'irrégularité du sommet de l'Hauterivien gris est un phénomène de sédimentation, phénomène du reste bien connu ; la teinte grise est le résultat de l'apport sableux toujours très irrégulier dans l'Hauterivien jurassien.

V. — Étude des parois émergées

A Génissiat, la région émergée est constituée par :

1° l'Urgonien supérieur formant paroi ;

2° l'Urgonien moyen formant un versant incliné, en grande partie couvert par des éboulis.

L'*Urgonien supérieur* est constitué par des calcaires compacts, durs, marmoréens. L'examen des parois de la rive droite ne démontre aucune cassure. On ne voit que

quelques fissurations propres à toutes les têtes d'affleurement et qui disparaîtront avec le décapage de la paroi. En aval, à quelques cents mètres, sous le château de Génissiat, la roche, plus fraîchement décapée que dans l'éperon du rocher Bouquet, nous montre le caractère sain de la pierre telle qu'elle se montrera après le décapage.

Sur la rive gauche, un peu en aval du mur aval du barrage, le déboisement du versant a fait apparaître deux diaclases qui nous ont intrigué un certain temps.

La diaclase nord se présente comme une faille normale oblique, avec un rejet de 1 m. 50. La diaclase sud, un peu en aval, ne possède pas de rejet.

On aurait pu croire que, vu sa direction, la faille nord était la prolongation de la fêlure rencontrée dans le sondage n° 1. Mais dans cette hypothèse, puisque le rejet est nul dans l'accident sud, qu'il s'accentue dans la diaclase nord, *il aurait dû être plus exagéré encore dans le sondage n° 1 plus au Nord encore,* et enfin, dans la paroi de la rive droite, la trace de la faille avec un rejet toujours plus exagéré aurait dû être nettement visible.

Or, les calculs de l'inclinaison des couches dans les sondages nous montrent que la fêlure du sondage 1 est sans rejet, et d'autre part, dans la paroi de la rive droite, dans la prolongation de la faille, prolongation que nous avons recherchée par un alignement soigneusement fait, il n'y a aucune trace de cassure, ainsi que nous le disions plus haut. Comme toute la paroi est visible et abordable, il ne peut y avoir aucun doute.

Dès lors, nous nous sommes aperçu qu'il s'agissait d'un phénomène purement local : il s'agit d'une masse détachée de la paroi et ayant légèrement pivoté autour d'un axe perpendiculaire à la paroi. Le bloc a un volume d'environ 2 000 mètres cubes.

Pour bien nous assurer qu'il s'agissait d'un phénomène local, nous avons fait décaper les deux cassures.

Ce bloc instable, bien qu'encore solidement fixé à la montagne, étant situé en face de l'usine génératrice, devra être démantelé [1].

L'Urgonien supérieur, à part cette diaclase locale, qui n'est pas, à proprement parler, une vraie diaclase mais une déchirure d'un bloc qui se prépare à tomber, comme cela s'est passé à différentes reprises dans le cañon par la loi du recul des versants, est donc sain dans tout le voisinage du barrage projeté. Examiné avec soin, jusqu'au haut du défilé de Monthoux, il ne présente sur les deux rives *aucune diaclase.* Il en est de même en aval du barrage. Il doit donc être considéré comme étanche et sa solidité, en ce qui concerne les appuis, ne peut laisser aucun doute, puisque les couches sont très sensiblement horizontales.

1. L'examen attentif de cette région nous a montré un petit phénomène local sur lequel on pourrait se poser les questions que nous nous sommes faites. Sur le bloc reposent directement les sables verts de la base de la molasse. Or ces sables, dans l'Urgonien bien en place, sont à environ 20 mètres plus haut. Pour ces sables, le rejet de la faille serait donc d'environ 20 mètres, alors qu'il est de 0 à 1 mètre pour l'Urgonien. Cette différence est explicable en supposant que les sables verts reposent sur une surface corrodée de calcaire urgonien. Ces sables se sont déposés après une période continentale. Il est donc vraisemblable qu'ils reposent par places sur une surface irrégulière d'Urgonien. Il s'agit là d'un détail sans importance, mais qui peut être intéressant à connaître.

∴

Examinons maintenant l'*Urgonien moyen*.

Sur l'emplacement choisi du futur barrage, sous le rocher Bouquet, cet Urgonien moyen n'est pas visible parce qu'il est recouvert par une couche d'éboulis. Examiné en amont et en aval, il ne présente rien d'anormal.

Toutefois, selon la méthode rigoureuse, basée sur la connaissance exclusive des faits locaux, que nous nous sommes imposée dès le début de nos recherches, je n'ai pas voulu m'en tenir à de simples comparaisons, poussé que j'étais du reste par une circonstance spéciale.

Dans le sondage au diamant n° 3 (rive gauche amont), on sait qu'il a été rencontré, près de la surface, de l'argile résiduaire provenant d'un ancien passage d'eau. D'autre part, en faisant les fouilles pour placer la plateforme du sondage n° 1, il a été découvert une petite source dont nous avons pu trouver le point d'émergence naturel, situé au pied de l'escarpement de l'Urgonien supérieur.

Si nous admettons que le cañon a dû se creuser avec une vitesse très grande, en partie égale au chiffre de recul actuel de la Perte du Rhône, et si nous admettons que le remplissage par l'alluvion a dû suivre de très près le sciage remontant du cañon (ce qui est démontré par la conservation du lit mineur rocheux qui aurait été détruit très rapidement s'il n'avait pas été immédiatement enfoui), les eaux d'infiltration et d'imbibition ont dû posséder depuis une époque très ancienne un niveau piézométrique qui se raccordait au Rhône, et au Rhône ayant très sensiblement son niveau actuel ou un peu plus bas, ce que démontre la poche d'argile rencontrée dans le sondage n° 3.

Si cette manière de voir est juste, comme l'on sait que la couche C a été et est particulièrement résistante à l'érosion du Rhône, celui-ci, partout où se trouve la couche C, a dû séjourner un peu plus longtemps qu'ailleurs sur cette couche C jusqu'à ce qu'il soit arrivé à former son étroit.

On peut donc s'attendre à trouver sur la couche C, de place en place dans le cañon, des traces d'argile résiduaire. J'ai visité attentivement quelques tronçons du cañon pour vérifier cette hypothèse, et en effet, en un point, dans l'amont du défilé de Monthoux, j'ai pu trouver, au-dessus de la couche C, quelques restes d'argile résiduaire.

Ceci acquis, il devenait fort probable que cette argile résiduaire devait se trouver un peu plus abondante à Génissiat et à Malpertuis, parce que, au temps de résistance de la couche C, s'ajoute le temps qui s'est écoulé depuis que le niveau C est toujours au niveau du fleuve. Autrement dit, le niveau piézométrique s'étant raccordé plus longtemps au même point, avec le Rhône, l'argile résiduaire doit être, en conséquence, plus abondante en ces points où existent des traces d'eau.

Voilà une hypothèse plutôt pessimiste ; il était urgent de la vérifier.

Pour cette vérification, et pour connaître en même temps la composition des roches de l'Urgonien moyen, nous faisons percer deux galeries au-dessus de la couche C dans les deux versants (ces galeries sont en cours d'exécution).

Nous avons implanté ces galeries dans la région où l'on devait pouvoir rencontrer *le maximum* d'argile résiduaire et le plus près de la surface. La galerie de la rive droite est placée aussi près que possible de la petite source rencontrée dans les terrassements de la plateforme du puits n° 1 et celle de la rive gauche près du sondage n° 3, qui nous avait révélé la présence de cette argile.

L'hypothèse a été pleinement vérifiée en ce qui concerne la rive droite.

La coupe en long de la galerie rive droite est la suivante :

Eboulis ou roche fissurée (partie boisée).....	12 mètres
Urgonien avec poches d'argile résiduaire.....	15 mètres
Puis roche saine à partir de ce moment.	

Comme il y a beaucoup de probabilités que ces poches d'argile résiduaire se maintiennent du côté de la petite source, qui est à quelques mètres au Nord de la galerie, nous avons entamé une galerie longitudinale vers le Sud, parallèle à l'axe du Rhône et distante de l'entrée de la galerie transversale de 23 m. 6. Après avoir cheminé pendant 8 m. 30 dans de l'Urgonien avec poches d'argile, la galerie est entrée dans la roche saine.

Sur la rive gauche, la coupe en long de la galerie est la suivante :

Eboulis ou roche fissurée (partie boisée).....	13 m. 40
Urgonien.....	8 mètres.

Dans cet Urgonien, il a été rencontré deux petites poches d'argile sans importance, dont l'une est si près de la surface de la roche relativement saine que l'on peut la négliger.

Il découle de ces faits que les galeries démontrent, pour l'instant, que la roche se montre localement plus saine sur la rive gauche que sur la droite. La galerie rive droite sera continuée encore quelques mètres.

Ainsi l'hypothèse de la présence de l'argile résiduaire sur la rive droite a été pleinement confirmée et on pouvait, semble-t-il, avec la même assurance, déclarer que cette argile résiduaire devait cesser peu à peu vers le Sud. C'est ce qu'a démontré la galerie longitudinale.

Quelles sont les conséquences de la présence de cette argile ? Elles ne sont pas pour nous émouvoir.

Mais avant de dire pourquoi elles ne nous inquiètent pas, et ce mot est déjà bien gros, nous devons parer à une observation que l'on pourrait faire à propos de la longueur de ces galeries jusqu'à la rencontre de la roche saine. En ce qui concerne la rive droite, la roche est déjà saine à 16 mètres de profondeur et c'est par prudence que nous avons tenu à perforer jusqu'à 21 mètres. A cette profondeur on se trouve sensiblement sous l'à pic de la paroi de l'Urgonien supérieur. Or, comme celui-ci doit être lui-même très profondément réglé pour recevoir les appuis, cette profondeur de 16 mètres n'a rien d'exceptionnel. Il est bon d'ajouter encore que la galerie est faite à la base du talus, dans une région où l'éboulis possède sa puissance maximum. Nous dirons donc que cette épaisseur de 16 mètres à la base du talus est normale. J'estime même qu'il faudra entamer davantage, ce qui se décidera au moment de l'exécution.

La profondeur de 27 mètres sur la rive droite est également normale, parce que sur cette rive, en vertu de la conformation bien connue des vallées monoclinales, les talus sont plus doux ou plus longs (selon la ligne de plus grande pente) ce qui revient au même. A cette profondeur de 27 mètres on se trouve également à l'à pic de la paroi de l'Urgonien supérieur ; par la même raison que sur la rive opposée, il faudra très probablement abattre l'Urgonien inférieur jusqu'à cet à pic.

Pour les poches, il y a deux moyens de s'en débarrasser. Dans l'exécution, ces poches pourront être suivies de petites galeries et soigneusement obturées au ciment, car il faut faire remarquer que tant que l'air n'a pas atteint l'argile, celle-ci forme une matière compacte et imperméable. Nous n'avons vu qu'une seule poche qui suintait au moment des fortes pluies de l'hiver.

Avec les moyens d'exécution que l'on aura pendant les travaux, la perforation de ces petites galeries ne sera qu'un jeu.

Enfin, en admettant que ces poches présentent aux yeux d'hommes expérimentés un danger quelconque, il est très facile de les éviter en ripant le corps du barrage d'environ 20 mètres, vers l'aval. Il ne faut pas oublier que nos études ne sont pas encore entièrement terminées et que l'idée du déplacement du projet est dans l'ordre de notre enquête [1].

A part ces poches, et nous venons de donner deux solutions pour les combattre (galeries remplies ou ripage), la roche rencontrée par nos galeries est excellente, d'un grain très serré et compacte ; elle se prête donc bien à jouer le rôle d'un excellent appui pour le barrage projeté.

VI. — Étude du canal de fuite

Pour connaître la nature du terrain qui sera coupé par le canal de fuite, j'ai fait forer 13 sondages à la main le long des parements projetés.

Nous avons ainsi cherché à connaître :

1° L'épaisseur des roches meubles.

2° La présence possible de plans de glissement dans ces roches meubles.

3° La profondeur de la roche en place formée par les calcaires urgoniens horizontaux.

Les résultats des sondages sont les suivants :

Parement de la rive droite, de l'amont vers l'aval

Sondage n° 1 (cote 334 m. 38).

Terre végétale	0 m. 20
Graviers	3 m. 40
Calcaire urgonien (cote)	330 m. 78

1. J'ai fait prolonger la galerie longitudinale de la rive droite. Au 6 juillet 1912 elle a 28 m. 50 de longueur. Les poches argileuses sont insignifiantes et la roche est compacte. Il suffira donc de riper le barrage *(Note ajoutée pendant l'impression).*

Sondage n° 3 (cote 341 m. 22).

Terre végétale	0 m. 2[illegible]
Marne glaciaire à cailloux	1 m.
Marne glaciaire sans cailloux	2 m. 10
Marne glaciaire à cailloux	0 m. 50
Calcaire urgonien (cote)	337 m. 38

Sondage n° 5 (cote 345 m. 82).

Terre végétale	0 m. 40
Marne glaciaire à cailloux	6 m. 62
Calcaire urgonien (cote)	338 m. 80

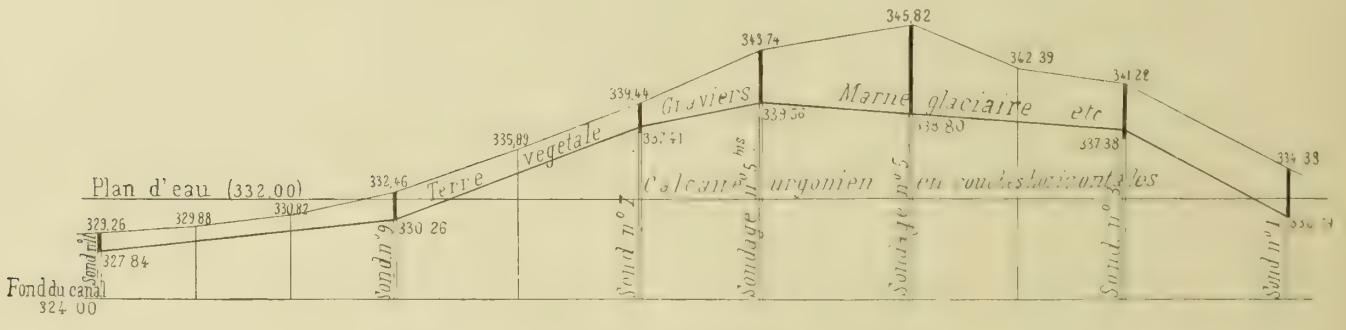


Fig. 23. — Parement de la rive droite du canal de fuite

Sondage n° 5 *bis* (cote 343 m. 74).

Terre végétale	0 m. 40
Marne glaciaire à cailloux	3 m. 78
Calcaire urgonien (cote)	339 m. 56

Sondage n° 7 (cote 339 m. 44).

Terre végétale	0 m. 40
Cailloutis	0 m. 60
Marne	0 m. 40
Calcaire urgonien (cote)	338 m. 04

Sondage n° 9 (cote 332 m. 46).

Terre végétale	0 m. 40
Marne à cailloux	1 m. 80
Calcaire urgonien (cote)	330 m. 26

Sondage n° 11 (cote 329 m. 26).

Terre végétale	0 m. 50
Cailloutis	0 m. 80
Calcaire urgonien (cote)	327 m. 96

Ces sondages ne nous ont révélé aucun plan de glissement. La marne glaciaire s'y montre quelque peu disloquée par places, mais c'est une marne sèche non ou à

peine plastique, sans poches limoneuses, en conséquence une matière qui n'offrira que la pression ordinaire des terres.

Les 2/3 du parement du côté montagne seront en rochers au-dessus du plan d'eau. La roche qui sera immergée ne se trouve pas sous le plan d'eau à une profondeur qui excède 5 mètres.

La constitution géologique du parement droit du canal de fuite ne peut guère être plus favorable. Elle est même exceptionnelle pour un tel pays où les glissements de terrain glaciaire sont très fréquents.

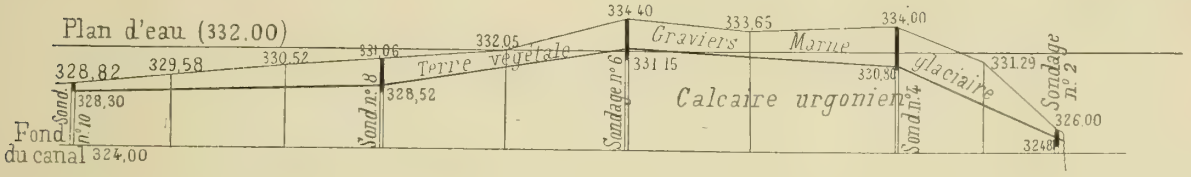


Fig. 24. — Parement de la rive gauche du canal de fuite

Parement de la rive gauche, de l'amont vers l'aval

Sondage n° 2 (cote 326 m.)

Terre végétale	0 m. 60
Calcaire urgonien (cote)	325 m. 40

Sondage n° 4 (cote 334 m.)

Terre végétale	0 m. 40
Marne glaciaire à cailloux	1 m.
Marne brune	1 m.
Marne blanche	0 m. 60
Calcaire urgonien (cote)	331 m.

Sondage n° 6 (cote 334 m. 40)

Terre végétale	0 m. 60
Marne	1 m. 80
Calcaire urgonien (cote)	332 m.

Sondage n° 8 (cote 331 m. 06)

Terre végétale	0 m. 40
Marne	1 m. 20
Marne sableuse	0 m. 60
Calcaire urgonien (cote)	328 m. 86

Sondage n° 10 (cote 328 m. 82)

Terre végétale	0 m. 52
Calcaire urgonien (cote)	328 m. 30

Ces sondages du parement gauche nous montrent que la roche calcaire en place se trouve à une faible profondeur au-dessous du plan d'eau. Elle émerge même localement au-dessus de celui-ci. La digue pourra donc être partout implantée dans la roche en place.

∴

Ainsi donc, tout le fond du canal de fuite sera en calcaire. Par simple mesure d'extrême prudence, nous proposons que le fond du canal soit entièrement revêtu afin d'éviter toute chance d'infiltration.

Enfin nous proposons encore que du côté montagne une chemise de drainage soit placée en arrière du mur pour éviter toute infiltration sous les maçonneries des eaux phréatiques. Le canal de drainage pourra déboucher dans l'un des gradins du déversoir.

Le déversoir du canal est situé dans le chenal du ruisseau de Génissiat. La chute de 70 mètres sera coupée en quatre gradins. Afin d'éviter l'action des mouvements tourbillonnaires, créateurs des marmites de géant, celles-ci seront pour ainsi dire préparées à l'avance, en ce sens que chaque gradin contiendra une auge d'environ six mètres de profondeur.

Fig. 25. — Le viaduc de Longeray

CHAPITRE IV

L'AVENIR DU LAC DE GÉNISSIAT.

I. — Le colmatage du bief

Le barrage de Génissiat créera un lac d'une superficie de 380 hectares (fig. 5, p. 18), long d'environ 23 kilomètres, contenant 50 millions de mètres cubes d'eau. La profondeur du lac ira peu à peu en diminuant vers l'amont. Sa section transversale se contractant, le remous commencera à se faire sentir un peu en amont du viaduc de Longeray (fig. 25). A la frontière il atteindra 332 m. 85 aux basses eaux et 333 m. 50 pour un débit de 500 mètres cubes. Il dépassera cette dernière cote pendant 69 jours par an en moyenne.

Un lac est un phénomène géologique temporaire. Tôt ou tard, les matériaux transportés par les rivières et ruisseaux tributaires finissent par le remplir. Quel sera donc l'avenir du lac de Génissiat ?

La question a déjà été traitée par M. l'ingénieur Coutagne, et par moi-même, très sommairement, dans ma conférence de Paris et d'un peu plus près dans celle de Genève. Comme ma manière d'envisager la question diffère de celle de M. Coutagne et comme mon argumentation m'amène à assurer une vie plus longue au lac que celle calculée par le même ingénieur, il peut être intéressant que nous nous arrêtions un

instant sur ce point d'autant que je suis à même d'apporter quelques résultats comparatifs nouveaux [1].

Les matériaux charriés par les fleuves sont de trois sortes :

1° Matières dissoutes ;

2° Matières en suspension et flottantes ;

3° Matières en roulement.

Seules, ces deux dernières catégories nous intéressent.

Ces matières en suspension et en roulement se comportent dissemblablement l'une et l'autre en arrivant dans un bassin lacustre. Les premières se disséminent sur presque toute la surface du fond rocheux de la cuvette en formant une plaine, les secondes se déposent immédiatement en arrivant dans la cuvette. Le schéma suivant fait comprendre cette répartition inégale (fig. 26).

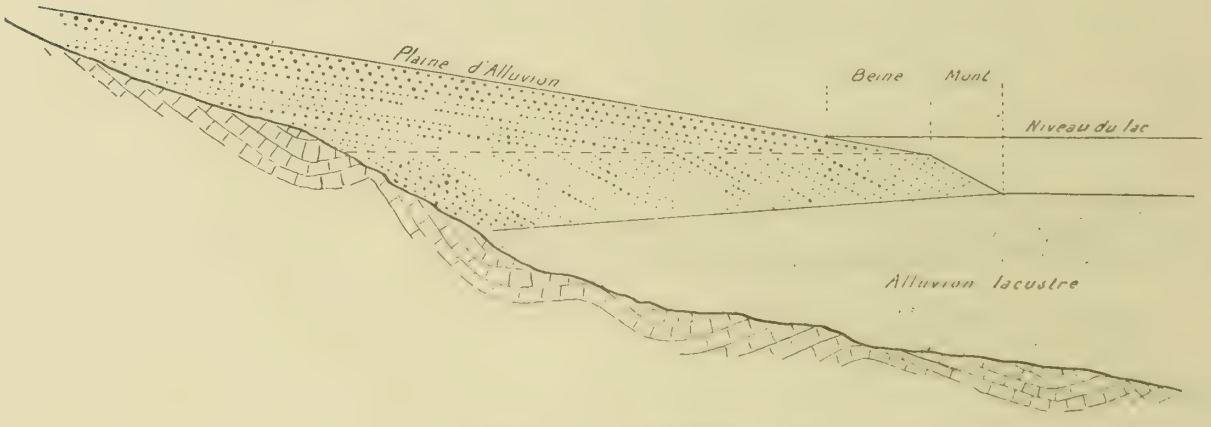


Fig. 26. — Schéma de l'alluvionnement lacustre

Peu à peu, le delta torrentiel envahit la plaine constituée par des alluvions impalpables. La *beine*, c'est-à-dire la surface du delta, avance en se couvrant de l'alluvion la plus grossière, qui forme des couches très légèrement inclinées vers l'aval. Leur inclinaison dépend de la puissance du cours d'eau. Plus celui-ci est puissant, moins le cône qu'il construit est incliné.

Ces couches de la beine croissent en épaisseur au fur et à mesure de l'avancement du delta. Elles émergent peu à peu : l'alluvionnement envahit, en conséquence, des territoires situés en amont de la limite amont primitive du lac.

Le sommet du *mont*, c'est-à-dire le haut de la pente de remblaiement reste sensiblement au même niveau. Le mont couvre peu à peu la zone d'alluvions impalpables. Comme cette zone croît de bas en haut et que le delta avance vers l'aval du lac, la ligne de séparation des deux systèmes de dépôt (qui n'est pas en réalité une ligne bien démarquée mais plutôt une bande de transition) n'est pas horizontale. Si le delta croît très vite, c'est une ligne légèrement descendante vers l'aval ; si le delta marche lentement, c'est l'inverse.

1 Les chiffres de ce présent mémoire diffèrent de ceux indiqués à Genève et à Paris. Je n'avais fait qu'envisager le problème sommairement lorsque j'ai fait mes conférences dans ces deux villes.

Deux phénomènes doivent donc nous préoccuper :

1° Alluvionnement du fond du lac par de l'alluvionnement impalpable qui construira une plaine sous-lacustre.

2° Alluvionnement par les matières en roulement, qui formeront un delta qui émergera insensiblement en formant une plaine qui envahira, d'aval en amont, le territoire en amont du lac.

La pente du delta dépend de la puissance du fleuve. Elle représente strictement la ligne d'équilibre fluvial. Si cette pente existait primitivement, avant la formation d'un lac artificiel, la reconstitution de la nouvelle pente serait rigoureusement parallèle à la première. Dans le cas particulier, par le fait des épigénies du Rhône dans la plaine genevoise, la pente moyenne du fleuve entre le Léman et la frontière suisse (rive gauche) est de 1,53 par kilomètre, ce qui est une pente plus forte que celle qui se construirait si on laissait le delta s'accroître vers l'amont.

M. Coutagne estime la pente future du lit alluvionné à 1,20 pour mille. Je considère ce chiffre comme trop élevé. En me basant sur la carte topographique de la Suisse, on peut calculer que la pente la plus faible de la plaine du Rhône, dans le voisinage de son débouché dans le Léman, est de 0,9 par kilomètre. Si on ajoute encore l'Arve, ce chiffre ne peut que diminuer. Mais supposons une pente de 0,9 pour mille. Si on laissait s'alluvionner complètement le lac de Génissiat, il se formerait une plaine d'alluvion qui envahirait le territoire suisse. Sur la verticale de la rive amont de l'ancien lac de Génissiat, l'épaisseur d'alluvion serait de 20,70. Avec cette pente, la plaine ne se raccorderait nulle part avec la pente actuelle du Rhône, car l'alluvionnement atteindrait environ 4 mètres d'épaisseur à la naissance du Rhône lémanien, dans Genève.

Mais cette éventualité n'est pas une chose de demain. Aussi, prenons un exemple plus concret, semblable à celui choisi par M. Coutagne ; supposons que l'alluvionnement ne soit que de 10 kilomètres. A ce moment, la couche de gravier à la frontière franco-suisse sera de 9 mètres. Et le delta se raccorderait avec le lit actuel du Rhône à 10 kilomètres en amont, à l'altitude de 350 mètres, soit au pied du barrage projeté par les Genevois à la Plaine ; un autre barrage projeté également dans le tronçon franco-suisse, en amont de Pougny, serait enseveli sous l'alluvion.

Telles seraient les conséquences lointaines de l'alluvionnement dû au seuil artificiel de Génissiat.

II. — Les matières en suspension en 1890

Boné Baëff, élève du professeur Duparc, a, en 1890, le mois d'octobre excepté, calculé journellement la valeur en tonnes, des matières en suspension transportées par l'Arve [1]. C'est essentiellement ce cours d'eau qui amènera des alluvions boueuses dans le bief de Génissiat, car le Rhône sort limpide du lac Léman. Il y aurait à ajouter aussi les matières transportées par la Valserine et quelques autres petits tributaires.

1. B. Baëff. Les eaux de l'Arve, recherches de géologie expérimentale.

Les échantillons ont été prélevés par Baëff, près du confluent de l'Arve et du Rhône.

Le tableau suivant est extrait du mémoire de Baëff[1] :

	Débit en mètres cubes par mois	Matières en suspension en tonnes
	—	—
Janvier	80 770 000	26 983,07
Février	24 850 000	123,80
Mars	44 680 000	2 076,50
Avril	99 610 000	9 431,40
Mai	190 870 000	48 285,80
Juin	229 810 000	187 402,90
Juillet	217 325 000	88 759,00
Août	330 056 000	220 072,00
Septembre	183 700 000	20 912,40
Novembre	132 040 000	5 930,50
Décembre	37 040 000	594,70
Total de 11 mois	1 570 751 000	610 572,07
Valeur moyenne pour octobre	142 796 000	55 506,55
Total annuel	1 713 547 000	666 078,62

Soit, en admettant une densité de 2, un cube de matières en suspension de 333 039 mètres[2].

Ce chiffre diffère sensiblement de celui admis par M. Coutagne, soit 518 500 mètres cubes avec une densité de 2. C'est que l'honorable ingénieur considère que les matières en *dissolution* se déposeront également dans le futur lac. M. Coutagne me permettra de ne pas être de son avis, car, d'aucun lac, on ne voit sortir l'eau chimiquement pure. Je pense qu'il s'agit d'une erreur de transcription de la part de M. Coutagne, mais une erreur de près de 200 000 mètres cubes a de l'importance.

Les chiffres de Baëff sont à considérer comme des minima, car il est probable, bien que l'auteur ne l'indique pas, que les échantillons ont été prélevés près de la surface. Il ne nous dit pas également comment était faite la prise des échantillons, ce qui a une grande importance. Il faut que la prise soit pour ainsi dire instantanée, car si le bocal de prélèvement reste quelque temps sous la surface de l'eau, une fois rempli, les matières en suspension s'exagèrent quelque peu.

En outre, on sait que le volume des matières en suspension croît de la ligne de courant vers le fond et vers le bord. On ne possède, à ma connaissance, que peu de renseignements sur les proportions de répartition de la matière en suspension sur la section d'un fleuve.

D'après Humphreys et Abbot, le Mississipi et d'après R. Gordon, l'Irrawaddy présentent les variations suivantes de matières en suspension (grammes par mètre cube).

1. Les chiffres des matières en suspension des 7 premiers mois de l'année, et le résultat total, diffèrent de ceux donnés par Baëff, lequel a fait toute une série de fautes d'addition.

1. Voir plus loin la densité plus exacte.

	Mississipi	Irrawaddy
	—	—
Surface	558	408
Profondeur moyenne	652	512
Fond	677	1 377
Moyenne	629	766
Augmentation entre la surface et la moyenne	13 o/o	88 o/o

Bien que ces chiffres ne soient pas immédiatement comparables, car il s'agit de valeurs constatées sur des fleuves qui ont un régime bien différent de celui de l'Arve, qui ont une section beaucoup plus grande et qui marchent dans des territoires qui les chargent très fortement de matières en suspension, ils nous montrent cependant que les chiffres donnés par Baëff doivent être majorés.

En outre, Erich Uetrecht [1] a étudié le transport du Rhône à la Porte du Sex en Valais. Se basant sur des observations de Bruckner [2], qui montre que le Rhône valaisan, étant un fleuve glaciaire (et il en est de même pour l'Arve), subit des oscillations journalières en été, dues à la variation dans la fonte des glaciers, Uetrecht fait remarquer, par des expériences, que le transport des matières en suspension est beaucoup plus grand le matin que vers 3 heures de l'après-midi. Comme l'Arve est plus courte que le Rhône, le flot boueux doit probablement passer vers minuit. Les observations de Baëff ayant été exécutées entre 1 et 2 heures de l'après-midi, les chiffres obtenus doivent être considérés également comme des minima, du moins pendant l'été.

Uetrecht, se basant sur des expériences faites en juillet, sur 5 jours, dit qu'il faudrait majorer de 20,13 o/o les chiffres obtenus dans les échantillons prélevés à 3 heures de l'après-midi.

Cette majoration, due à la fonte des glaciers, n'est à répartir que sur les mois de mai à septembre. La majoration de profondeur est à calculer pour toute l'année. Supposons la première égale à 20 o/o et la seconde à 12 o/o. Nous aurons alors les chiffres suivants pour 1890.

Janvier	30 210	tonnes
Février	138	—
Mars	2 326	—
Avril	10 551	—
Mai	63 736	—
Juin	260 941	—
Juillet	117 161	—
Août	290 495	—
Septembre	27 604	—
Octobre	62 167	—
Novembre	6 642	—
Décembre	665	—
Total	872 636	tonnes

1. Erich Uetrecht. Die Ablation der Rhône in ihren Walliser Einzuggebiete im Jahre 1904-05.

2. Bruckner. Untersuchung über die tägliche Periode der Wasserführung und die Bewegung der Hochfluten in der oberen Rhone. *Petermanns Mitteilungen*, 1895.

La densité du limon du lac Léman a été calculée par le professeur Chuard [1]. Elle est de 2,68. Le limon charrié par l'Arve est de même nature que celui charrié par le Rhône. Nous pouvons donc admettre la même valeur. Ces 872 636 tonnes de l'année 1890 représenteraient donc une masse de 325 610 mètres cubes.

La densité calculée par Chuard est celle du limon sec. Il contiendra évidemment un peu d'eau dans le fond du lac de Génissiat, mais guère plus que ne peut en contenir une argile. Supposons cette eau d'imbibition égale à 10 o/o de la masse, ce qui revient à descendre la densité du limon à 2,51. Dans ce cas le volume des matières en suspension serait de 348 000 mètres cubes [2].

III. — Répartition des matières en suspension d'après le débit

On sait que les matières en suspension croissent avec le débit. L'accroissement est particulièrement considérable au début de la crue. « Nous avons, dit Baëff, l'augmentation des matières en suspension avec le niveau, et le décroissement rapide de la charge d'alluvion avec l'abaissement de la rivière ».

Uetrecht précise ce phénomène non expliqué par Baëff : « Par une forte averse, la poussière est rapidement entraînée et conduite à la rivière. Si la pluie persiste, le lavage diminue parce que le sol est déjà bien lavé. L'eau encore entraînée contient par ce fait moins de matières en suspension que la première eau ».

Et Uetrecht démontre son hypothèse par le tableau suivant :

JUIN	DÉBIT EN MÈTRES CUBES	MATIÈRES EN SUSPENSION EN GRAMMES PAR LITRE	JUILLET	DÉBIT EN MÈTRES CUBES	MATIÈRES EN SUSPENSION EN GRAMMES PAR LITRE
24	42 508 000	0,426	14	43 027 000	0,782
25	49 680 000	1,930	15	43 804 000	1,063
26	53 913 000	0,764	16	46 051 000	0,944

1. F. A. Forel. Le Léman, vol. 1, p. 122.

2. Nous avons essayé de pratiquer quelques recherches sur la répartition du limon dans la section du Rhône à Génissiat, en mai 1912, un jour de grand trouble de l'eau. La vitesse de l'eau sur le fond du lit, sous la ligne de courant, était si impétueuse que le prélèvement d'échantillons n'a pu se faire avec assez de précautions ; la bouteille de prise dût être descendue accompagnée d'un poids énorme. Ne disposant que d'un seul bateau, nous ne pouvions manier un poids supérieur à 40 kilos sans risquer de chavirer. Le poids était entraîné, rabottait le fond et l'échantillon ne pouvait représenter la moyenne normale des matières en suspension dans le fond du lit. Un vrai nuage de graviers voltigeait sur le fond du lit et une épaisseur considérable de galets était certainement en mouvement. A la Perte du Rhône et dans le cañon au-dessous de la Perte, on peut pêcher au filet, les jours de crue, des galets de 10 centimètres de diamètre qui nagent pour ainsi dire. A l'exception du fond, sous la ligne de courant voici ce qu'était, le jour de l'expérience, la quantité de matières en suspension par mètre cube.

Ligne de courant...	131 grammes
Rive droite, surface.	121
— fond	172
Rive gauche, surface	124
fond...	128

Ces faits ont une grande importance parce qu'ils montrent que la quantité de matières en suspension n'est pas exclusivement fonction du débit, mais fonction du nombre des crues, et de la grandeur relative de celles-ci.

Prenons des exemples dans les chiffres de Baëff :

	DÉBIT EN MÈTRES CUBES EN 24 HEURES	TONNES DE BOUE EN 24 HEURES	DÉBIT	BOUE
			Rapport avec le 19	
Janvier 19	1 054 000	2 70	1 »	1 »
20	1 555 000	19 20	1,5	7 »
21	3 525 000	1 320	3.3	500 »
22	6 180 000	4 970	6 »	1 800 »
23	10 500 000	12 970	10 »	4 800 »
24	11 350 000	6 070	10,7	2 248 »
25	5 510 000	608	5,2	225 »
26	4 665 000	416	4,4	154 »
27	3 835 000	96 2	3,7	36 »
			Rapport avec le 25	
Juin 25	5 820 000	1 449	1 »	1 »
26	6 210 000	1 336	1,1	0,9
27	7 530 000	5 800	1,3	4 »
28	8 520 000	2 780	1,5	2,2
29	35 700 000	118 000	6,3	81,4
30	16 000 000	13 460	2,8	9,3
Juillet 1	17 190 000	19 000	3 »	13 »
2	12 140 000	4 175	2,1	2,8
3	6 860 000	1 379	1,2	0,9

Ce tableau montre nettement qu'une pluie hivernale, proportionnellement très exagérée (rapport des débits de 1/10), est beaucoup moins à craindre qu'une crue estivale, proportionnellement moins considérable (rapport des débits 1/6,3). Ainsi, les crues énormes de l'hiver 1909-1910, particulièrement celle du 20 janvier qui fit monter le Rhône à la cote 270,18 à Génissiat, auraient transporté beaucoup moins de matières que les hautes eaux de mai par exemple. Ainsi donc, à débit égal, les matières en suspension sont très variables.

L'examen des chiffres de Baëff et d'Uetrecht permet d'établir certaines règles :

1° Les matières en suspension ne sont pas proportionnelles au débit. En moyenne, elles augmentent toutefois avec la moyenne des débits.

2° Si une forte crue se maintient, son effet dans le transport ne se fait sentir qu'à son début.

3° Si des crues se multiplient, souvent séparées par un temps sec, même très court, la proportion de matières en suspension croît durant ces périodes de crues espacées.

4° Une crue hivernale déplace moins de boue qu'une crue estivale relativement plus faible que celle d'hiver.

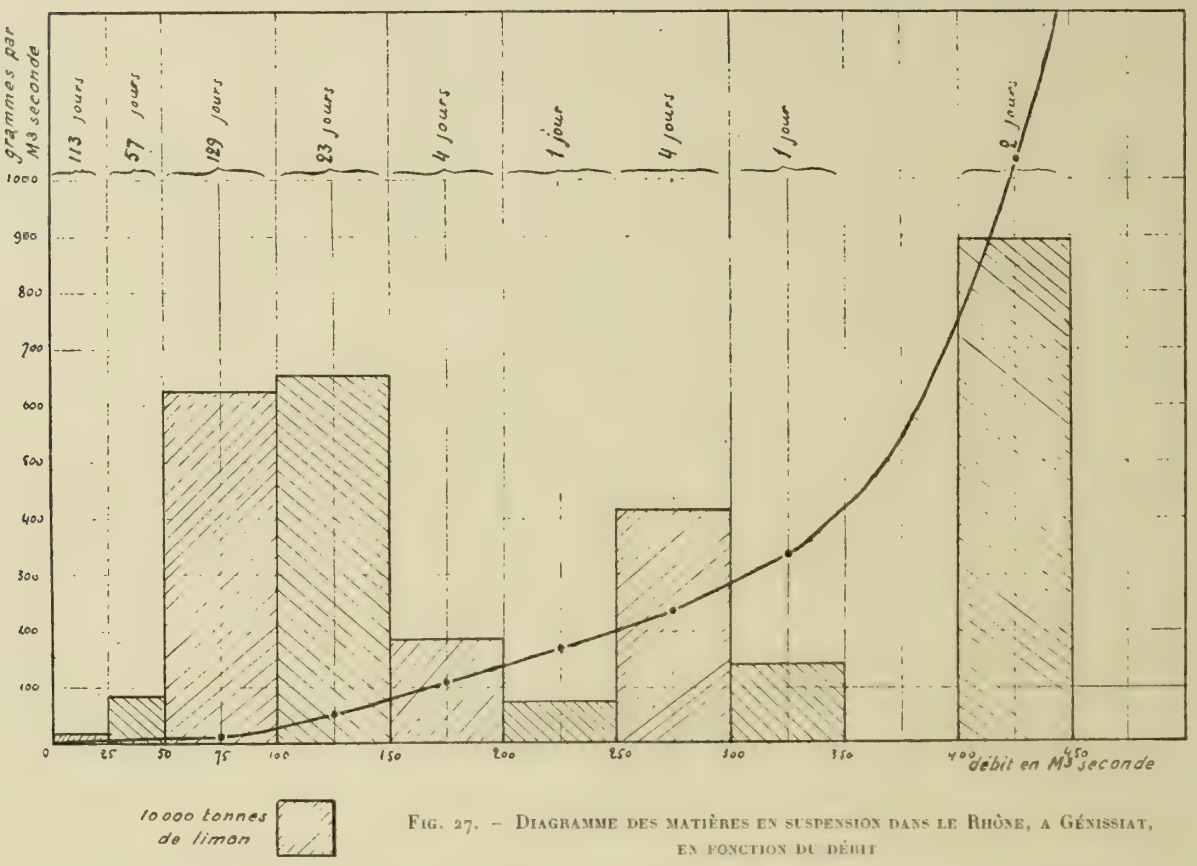


Fig. 27. – Diagramme des matières en suspension dans le Rhône, a Génissiat, en fonction du débit

Toutefois, à l'exemple de M. l'ingénieur Coutagne, j'ai construit la courbe moyenne des matières en suspension en fonction du débit (fig. 27). Les chiffres du tableau suivant m'ont servi de base pour la construction de cette courbe :

DÉBIT EN M³ PAR SECONDE	NOMBRE DE JOURS	TONNES PAR JOUR	KILOGS PAR M³ SECONDE	TOTALITÉ
25	113	15,26	0,188	1 724,27
25-50	57	146,68	1,7	8 360,90
50-100	129	975,31	11,29	125 814,90
100-150	23	5 705,8	67,2	131 234
150-200	4	9 484	109,65	37 936
200-250	1	14 570	168,65	14 570
250-300	4	20 678	239,3	82 712
300-350	1	28 620	332,4	28 620
400-450	2	89 800	1 039,3	179 600
	334			610 572,07

Sur le graphique, j'ai indiqué par des rectangles le cube exact charrié et le nombre de jours. Les majorations signalées aux pages 72-73 n'ont pas été envisagées.

On voit nettement par ce graphique, réserve faite des règles indiquées plus haut, que les grandes crues qui se sont fait sentir en été, et particulièrement pendant deux jours, ont exagéré considérablement la quantité totale des matières en suspension. Le 23 o/o environ des boues transportées a passé en deux jours.

IV. — Pluviométrie de l'année 1890 et cube moyen des matières en suspension

Comme nous n'avons à notre disposition qu'une seule année d'étude, il est utile de savoir quel fut son caractère pluviométrique. Nous nous servirons des observations faites à Genève. Bien que ces observations soient loin de nous donner un état exact de la météorologie du bassin de l'Arve, nous verrons cependant que les chiffres de l'observatoire de Genève, en ce qui concerne 1890, marchent en parallèle avec les débits de la rivière, ce qui nous permet d'admettre que les variations pluviométriques du bassin de l'Arve sont semblables à celles de Genève.

Moyennes mensuelles :

MOIS	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ANNÉE
Moyenne	42	45	54	65	81	75	79	90	80	113	79	56	859
1890	65	27	36	50	143	95	57	221	63	63	62	30	912

Journées de pluie :

Moyenne	9,5	9,3	10,2	11,7	11,7	11,1	10,2	10,4	9,3	12,4	11,7	10	127,5
1890	10	5	6	17	14	12	11	19	7	10	13	5	129

Somme des précipitations en 0/0 de la moyenne mensuelle :

1890	155	60	67	77	177	127	72	246	79	56	78	54	106

Somme des précipitations en 0/0 de la moyenne de V à IX (mai à septembre): 143 o/o

Somme des précipitations en 0/0 de la moyenne annuelle : 106 o/o

Ce tableau nous montre que l'année 1890 fut une année pluvieuse, puisqu'il est tombé 912 millimètres de pluie, alors que la moyenne est 859, soit le 106 o/o de la moyenne. Mais ce qu'il y a de particulièrement important à noter, c'est que les *chutes de pluie ont été particulièrement importantes en quantité pendant la moyenne des cinq mois pendant lesquels la rivière charrie presque toutes les matières en suspension de l'année.* La somme des précipitations, pendant ces cinq mois, atteint le 143 o/o de la moyenne de ces cinq mois.

En comparant ce tableau avec celui des matières en suspension (p. 72), on

trouve nettement la cause du déficit de juillet en 1890, puis la cause du charriage anormal de janvier, etc.

Il y a un tel parallélisme que l'on est tenté d'établir les moyennes des quantités mensuelles charriées par l'Arve. Ces moyennes mensuelles donneraient environ 710 000 tonnes par année au lieu des 872 636 de l'année 1890.

La conclusion à tirer de ce tableau est nette, pour autant que sont exactes les observations de Baëff ; on peut estimer que *l'année 1890 représente une période de charriage un peu au-dessus de la moyenne.*

Nous admettrons donc que la quantité de matières en suspension transportées par l'Arve est en moyenne de 700 000 tonnes par an, soit, à la densité de 2,51, un cube de 279 000 mètres.

Afin de faire intervenir l'alluvion transportée par les autres tributaires du Rhône, *estimons la masse annuelle moyenne à 350 000 mètres cubes.*

V. — La décantation des matières en suspension

Le lac de Génissiat aura un volume de 50 millions de mètres cubes.

En se basant sur le débit moyen du Rhône, de 1899 à 1907, l'eau du lac sera renouvelée, au début de l'existence du bief, selon le tableau suivant :

		NOMBRE MINIMUM D'HEURES	VITESSES MINIMALES MOYENNES	NOMBRE DE JOURS PAR AN	
Pour un débit :	600 m³ par seconde	23	0,28	20	
	500-600 —	28	0,23	49	112
	400-500 —	35	0,18	43	
	300-400 —	46	0,14	53	
	240-300 —	64	0,11	28	
	200-240 —	70	0,09	53	
Total des jours avec un débit supérieur à 200 m³ = 246.					

La vitesse de décantation du limon lacustre est très lente. On doit quelques expériences à Forel [1].

Ayant mis 8 grammes de limon dans 10 litres d'eau, le savant suisse fit les obervations suivantes au photomètre :

1er jour. — Début de l'expérience, midi.
2e jour. — Opacité absolue à 7 heures du soir ; durée 29 heures.
Eclaircissement à 10 heures du soir ; durée 32 heures.
5e jour. — Limpidité non totale; durée 120 heures.

1. Le Léman, vol. 1, p. 107 et 108.

Dans une deuxième expérience, plus simple, consistant à laisser décanter du limon dans un flacon, l'eau demande 4 jours pour se clarifier dans la partie supérieure du flacon, alors que l'eau inférieure restait encore trouble.

Ces expériences de Forel ne sont que qualitatives, mais elles nous donnent un renseignement très précieux, c'est que la clarification ne commence guère avant 30 heures, ce qui correspond pour le renouvellement de l'eau du lac de Génissiat, à un débit du Rhône un peu plus grand que 400 mètres cubes, ce qui est réalisé pendant environ 112 jours.

Or, il est évident que c'est pendant ces 112 jours que l'Arve charriera le plus de matières en suspension. Si nous nous reportons au tableau de la page 76, on voit que l'Arve commence à se troubler à partir de 50 mètres cubes, soit pendant 195 jours, en comprenant le mois d'octobre.

On peut donc dire que lorsque l'Arve commencera à charrier fortement, le débit du Rhône sera suffisant pour remplacer l'eau du lac en 35 heures au maximum.

On sait, par l'étude de la topographie des cuvettes lacustres, que le limon impalpable est transporté à très longue distance sur le fond de la cuvette, à une distance plus grande que la longueur du futur lac de Génissiat. Comme la durée nécessitée par la précipitation des particules en suspension n'est pas atteinte aux époques des hautes eaux, vu la rapidité très grande du remplacement total des eaux du lac par de l'eau nouvelle, pendant au moins 112 jours, l'eau trouble passera dans les turbines de l'usine génératrice de Génissiat. D'après de petites expériences sommaires que nous avons faites, on peut estimer que, malgré le réchauffement de l'eau du lac, phénomène qui facilite la chute des matières en suspension, environ 50 o/o de ces matières passeront dans le canal de fuite.

Il ne se déposerait donc dans le lac de Génissiat que 175 000 mètres cubes de boue par an ; disons qu'il s'en déposera 200 000. Nous voici bien loin des 400 000 mètres cubes que j'avais évalués antérieurement et des 894 250 calculés par M. Coutagne.

VI. — Le transport de l'alluvion sur le fond du lit

La vitesse de l'Arve, à son confluent avec le Rhône, varie entre 0,792 et 4,70. Ce dernier chiffre est très rarement atteint. Des vitesses de 2 mètres sont assez fréquentes et, dans les moments de grandes crues, la ligne de courant marche en raison de 3 m. 5 à la seconde.

On admet pratiquement que la vitesse du fond est égale à la moitié de la vitesse superficielle. L'Arve peut donc atteindre la vitesse au fond de 2 m. 35. Le Rhône en aval du confluent de l'Arve, possède des vitesses au moins égales ; il peut donc transporter tous les matériaux qui lui sont apportés par l'Arve.

Celle-ci trouve de quoi s'alimenter avec abondance sur tout son parcours et le Rhône est dans le même cas, car, dans le pays de Genève, il s'écoule entre des falaises de cailloutis plus ou moins stables et, plus bas, les moraines des deux rives du fleuve doivent également livrer aux ruisseaux de nombreux galets.

La puissance de trańsport des cours d'eau a souvent été étudiée, soit dans des biefs artificiels, soit dans les torrents et dans les rivières.

Les chiffres qui nous paraissent être le plus utilement consultés, en ce qui concerne l'Arve, sont ceux donnés par Suchier [1] dans ses recherches sur le mouvement des galets dans le Rhin supérieur allemand.

Avec des vitesses au fond qui atteignent dans les crues habituelles d'été 1 m. 75, l'Arve est capable de rouler des galets de 2 kg. 5. Or, les cailloux de un décimètre cube sont très fréquents, ainsi que j'ai eu l'occasion de m'en faire une idée, grâce à l'amabilité de M. l'ingénieur Kündig, qui exploite, par drague, les alluvions de l'Arve à son confluent avec le Rhône, au lieu dit la Jonction, près de Genève.

Dans les crues exceptionnelles, comme celle du 3 octobre 1880, la rivière peut transporter des blocs de plus de 25 kilogrammes. Les galets de 20 décimètres cubes sont encore assez fréquents. J'ai vu des blocs pouvant peser plus de 300 kilogrammes. Ils ont probablement été empruntés aux moraines du voisinage de la région inférieure de l'Arve.

Dans son Traité de géologie, Albert de Lapparent dit que l'Arve, en aval de Sallanches, ne roule plus que des galets inférieurs à 25 centimètres et qu'en aval de Cluses les cailloux n'ont plus que 5 à 6 centimètres de diamètre. Ces chiffres ne sont probablement pas exacts, car, vu l'usure, l'Arve ne devrait plus charrier à Genève des galets de protogine du massif du Mont-Blanc. Or, à la Jonction, les graviers de granite constituent encore 35 à 40 o/o en nombre et en grandeur de l'ensemble du gravier [2].

Sur la Mur, des observations faites par Hochenburger [3], montrent que 43 kilomètres, et sur le Rhin 55 kilomètres, d'après Sternberg, sont nécessaires pour user des galets de moitié. Fayol, dans les torrents des environs de Commentry, a constaté que pour des parcours de 10 à 12 kilomètres, un galet de 0 m. 20 de granite micaschisteux est à peu près détruit. Ce nombre de kilomètres est plus élevé que celui déduit de l'observation citée par de Lapparent. Quoiqu'il en soit, de ces chiffres, on doit reconnaître qu'une usure importante fait sentir son action. Cette usure ne doit pas être négligée dans les esssais d'estimation concernant l'alluvion grossière.

* * *

Ce n'est guère que par l'accroissement des deltas lacustres que l'on peut se faire une notion à peu près exacte des matières transportées par roulement.

Le tableau ci-dessous résume les calculs de quelques auteurs :

1. Suchier. Die Bewegung der Geschiebe des Ober Rheins. *Deutsche Bauzeitung*, 1883, p. 331.
2. Les galets de gneiss et de schistes cristallins divers sont plus rares.
3. Franz Ritter von Hochenburger. Ueber Geschiebsbeweyung und Eintiefung flissender Gewässer. Leipzig 1886.

	REUSS [1]	KANDER [2]	RHIN [3]	BREGENZEN ACHE [4]	ACHE [5]	LINTH [6]
Mètres cubes d'alluvion par an..	146 187	373 427	47 000	87 410	142 100	62 000
Mètres cubes d'eau par an...	750 000 000	125 000 000	»	»	1 137 000 000	»
Centimètr. cubes alluv. par mètre cube eau...	200	300	»	»	127	»
Grandeur du bassin en km. carré	832	1 060	»	850	1 000	700
Mètres cubes enlevés par an et par km.....	176	362	»	104	142	89
Transport moyen par jour en mètres cubes.....	410	1 020	100	240	400	165

Parmi ces chiffres, ceux de la Kander ne peuvent guère nous être utiles. Ce cours d'eau a été dérivé en 1712 et jeté dans le lac de Thoune. Son érosion régressive a été activée et son transport exagéré.

Les deux Ache sortent directement de la région montagneuse et, sur des plaines d'alluvion très courtes, se jettent dans l'eau lacustre.

Le Rhin suisse alpin possède une très longue plaine d'alluvion, ce qui laisserait supposer qu'une usure intense se fait sentir, si on ne savait pas que Wey n'a établi le calcul du volume des matériaux transportés qu'en se basant sur des profils qui ne s'avançaient que de 300 mètres dans le lac de Constance.

La Linth présente un cours déjà plus semblable à l'Arve, son territoire possède environ 43 kilomètres carrés de glaciers.

C'est la Reuss, avec ses 145 kilomètres carrés de glaciers qui est, de tous ces cours d'eau, celui qui rappelle le plus l'Arve. Mais ce serait une Arve coupée à 45 kilomètres de ses sources. Ce serait la partie particulièrement torrentielle du cours, celle qui doit charrier avec abondance l'alluvion grossière. La Reuss possède une plaine d'alluvion qui n'est longue que de 15 kilomètres, alors que l'Arve coule en plaine sur environ 70 kilomètres.

L'usure des matériaux qui proviennent de la région supérieure de l'Arve doit être importante. Et, en fait, nous savons que les éléments granitiques qui arrivent à Genève,

1. Heim. Ueber der Erosion im Gebiete der Reuss. *Jahrbuch sch. Alpenclub*, XIV, 1878-79.

2. Steck. Die Denudation im Kandergebiet. *Jahresb. geogr. Gesellschaft*, Bern, 1891-92.

3-4. J. Wey. Die Umgestaltung der Ausmündung des Rheins und der Bregenzen Achein den Bodensee während der letzten 20 bezu 24 Jahre. *Schweiz. Bauzeitung*, IX, 1887.

5. E. Bayberger. Der Chiemsee. *Mitteil. Ver. G. Erdk.* Leipzig, 1884 (voir C. R. Penck dans *Neues Jahrb. für Mineralogie*, 1890).

6. Heim.

c'est-à-dire ceux du Mont-Blanc, ne constituent que 30 à 40 o/o des matériaux charriés.

La Reuss s'étend presque en entier sur des territoires gneissiques et granitiques. L'Arve ne possède que 450 kilomètres environ (sur 1980) de son bassin qui soient, géologiquement et morphologiquement, comparable au bassin de la Reuss.

Supposons que, de ces 450 kilomètres carrés, partent chaque année 176 mètres cubes, soit au total 79 200 mètres cubes. Cette masse va s'user en marchant vers Genève.

Des expériences faites par le suédois Erdman [1] montrent que le granite s'use à raison de 0,30 à 0,42 o/o par kilomètre de transport. Il est bon d'ajouter que l'usure faite par expérience, selon une remarque judicieuse due à Fayol, est beaucoup moins active que celle qui se produit dans la nature. Prenons une usure moyenne de 0,36 o/o et voyons ce que deviennent ces 79 200 mètres cubes, en appliquant une formule qui nous a été proposée par M. Maillard, professeur à l'Université de Lausanne :

$$A_n = A(1 - t)^n$$

A = volume transporté ; t = taux de l'usure, soit 0,36 o/o ; n = nombre de kilomètres ; A_n = volume restant.

A Genève, la masse serait réduite à 61 500 mètres cubes. Comme les roches cristallines représentent au maximum le 40 o/o de la masse totale des graviers, celle-ci devrait être au minimum de 153 000 mètres cubes par an.

Dans ces proportions, les 1 530 kilomètres carrés du bassin de l'Arve (surface totale 1 980 moins 450) ne devraient livrer, par année et par kilomètre carré, que 60 mètres cubes au minimum.

Or, cette région moyenne et basse de l'Arve est un peu comparable aux territoires des deux Ache, qui livrent 104 à 142 mètres cubes par kilomètre carré. Mais ces cours d'eau n'ont que des plaines d'alluvion très réduites. La proportion d'usure doit être beaucoup plus faible que pour l'Arve.

Nous ne nous faisons aucune illusion sur la valeur de ces comparaisons, elles sont très probablement plus curieuses que vraies mais elles sont nécessaires.

Pour avoir une notion plus exacte, adressons-nous aux exploitants de graviers et de sable à Genève.

Depuis quelque temps, au confluent du Rhône et de l'Arve, l'exploitation des alluvions grossières se fait par une drague. M. l'ingénieur Kündig a bien voulu nous dire ce qu'il exploite par jour et je me hâte de le remercier de sa grande amabilité. Cette drague peut extraire jusqu'à 180 mètres cubes par journée de travail ; M. Kündig, qui m'a montré la statistique de son exploitation, estime que l'Arve transporte par jour 300 mètres cubes en moyenne.

Ces 300 mètres cubes représentent un cube annuel de 109 500 mètres cubes, soit 55 mètres cubes par an et par kilomètre carré.

Si, malgré l'opinion bien arrêtée de M. Kündig, qui connaît admirablement la rivière qu'il exploite, nous élevons son chiffre à 400 mètres cubes. nous obtiendrons un volume annuel de 146 000 mètres cubes, soit 74 mètres par an et par kilomètre carré, ce qui ne s'éloigne pas beaucoup de ce qu'arrache la Linth dans son bassin.

1. Erdman. Bidrag till Kännedonnen om rullstenars bildonte: *Geol. Föreningen Föhr.*, Stockholm, 1879.

Comme les Genevois exploitent un volume annuel estimé à 60 000 mètres cubes, il entrerait donc dans le Rhône 86 000 mètres cubes de galets, graviers et sable par année.

Du confluent de l'Arve jusqu'au futur lac de Génissiat, il y a 23 kilomètres. Les 86 000 mètres cubes contenant 40 o/o de cailloux granitiques et 60 o/o de cailloux calcaires et gréseux s'useront. Admettons une usure de 0,36 o/o pour les premiers et 1,5 o/o pour les seconds, toujours d'après les estimations expérimentales d'Erdman.

En appliquant la formule ci-dessus mentionnée, ces 86 000 mètres cubes seront réduits à :

Cailloux granitiques.....	30 230 mètres cubes
— calcaires.....	37 310 —
Total.....	67 530 mètres cubes

A ce cube, il faut ajouter ce qui arrivera directement au Rhône et dans le lac. L'étendue tributaire du Rhône et du lac est d'environ 600 kilomètres carrés, qui, à raison de 74 mètres cubes (moyenne de l'Arve) par an, donnent une masse de 44 400 mètres cubes.

Il entrerait en conséquence par année, dans le lac de Génissiat, 111 930 mètres cubes d'alluvion grossière [1].

1. Plusieurs auteurs ont cherché à savoir ce qu'est la tranche moyenne annuelle enlevée par les phénomènes de la dénudation sur la surface des bassins hydrographiques de quelques cours d'eau alpins, parmi ceux qui nous ont servi de comparaison.

Ces valeurs sont les suivantes :

Rhône valaisan, calcul basé sur les matières en dissolution et en suspension (Uetrecht), par an.....	0 mm. 288
Reuss, calcul basé sur les matières en suspension et en roulement (Heim), par an.....	0 mm. 240
Kander, calcul basé sur les matières en roulement, par an.....	0 mm. 433
Arve, calcul basé sur les matières en dissolution et en suspension (Forel), par an.....	0 mm. 210

En prenant en considération la pente moyenne des surfaces de ces trois premiers bassins compris entre des isohypses distants de 300 mètres, en faisant intervenir les variations de températures autour de o degré et la chute de pluie dans ces surfaces, Hess (*Petermanns Mittheilungen*, vol. 55, 1909, p. 360) a cherché à connaître la valeur de la dénudation dans chacune des surfaces envisagées.

L'auteur montre que la puissance de la dénudation croît avec l'altitude jusqu'à 2 400 mètres et ensuite diminue.

Voici les valeurs trouvées par Hess :

	Reuss	*Rhône*	*Kander*
Au-dessous de 600 mètres	0 mm. 043	0 mm. 032	0 mm. 015
600- 900 —	0 mm. 147	0 mm. 075	0 mm. 140
900-1 200 —	0 mm. 177	0 mm. 164	0 mm. 213
1 200-1 500 —	0 mm. 200	0 mm. 213	0 mm. 307
1 500-1 800 —	0 mm. 257	0 mm. 362	0 mm. 489
1 800-2 100 —	0 mm. 302	0 mm. 456	0 mm. 573
2 100-2 400 —	0 mm. 282	0 mm. 429	0 mm. 785
2 400-2 700 —	0 mm. 247	0 mm. 328	0 mm. 536
2 700-3 000 —	0 mm. 214	0 mm. 269	0 mm. 381
Au-dessus de 3 000 —	0 mm. 093	0 mm. 131	0 mm. 205
	0 mm. 340	0 mm. 288	0 mm. 433

Bien que ces valeurs ne soient pas immédiatement comparables, puisqu'elles se basent sur des apports qui ne sont pas tous de même origine, il n'en ressort pas moins une diminution de la dénudation, avec la diminution de la hauteur moyenne d'un territoire. Les valeurs données pour le bassin de la Kander sont fortement à critiquer, puisque le charriage intense de ce cours d'eau provient du travail exceptionnel qu'il a accompli sur sa basse région par le fait de la correction exécutée au XVIII[e] siècle.

VII. — La lutte contre l'alluvionnement du lac

Le lac de Génissiat contiendra approximativement 50 000 000 de mètres cubes d'eau. il s'y déposera chaque année 200 000 mètres cubes de limon et 112 000 mètres cubes d'alluvion grossière.

Le lac serait donc complètement anéanti en 160 ans environ si les ingénieurs n'avaient pas les moyens de prolonger la vie de leur œuvre.

De ces 50 000 000 de mètres cubes d'eau, une part considérable est inutile. D'après les calculs de M. R. de la Brosse [1], pour franchir l'étiage d'hiver avec un débit minimum de 120 mètres cubes, il faudrait, ainsi que nous l'avons dit plus haut, emprunter à la retenue une tranche d'eau de 3 m. 96, soit 14 688 000 mètres cubes.

M. de la Brosse a établi ces chiffres sur l'année 1905, la plus défectueuse d'une période de neuf ans.

Toujours d'après M. de la Brosse, tout abaissement du lac de 0 m. 20 diminue sa superficie de un hectare environ, et le volume d'eau disponible, par chaque baisse de 0 m. 20, diminue de 2 000 mètres cubes.

L'emprunt de 3 m. 96 amène le niveau du lac à 328 m. 04. Si, dans ces quelques jours d'étiage, il faut assurer encore la navigation, qui exige une tranche d'eau de 2 m. 5 pour le passage des chalands de 1 m. 75 de tirant d'eau (type de 600 tonnes) il faut que le plafond futur du lac soit maintenu à la cote de 325 m. 50, ce qui monte le volume nécessaire à 24 025 000 mètres cubes.

Le fond du canal de fuite sera à la cote de 322 mètres. Pour rendre le haut du

1. La Reuss, dont on connaît la somme des matières en suspension et en roulement, peut seule nous servir de comparaison ainsi que nous l'avons fait remarquer.

En faisant entrer, pour l'Arve, la valeur des matériaux entraînés sur le fond du lit, nous aurions :

Volume annuel charrié sur le lit	146 000 mètres cubes
Volume annuel du limon	323 000 —
Total	469 000 mètres cubes

Ce qui équivaut, pour une surface de 1 980 kilomètres carrés, à l'enlèvement d'une pellicule annuelle de 0 mm. 247 sur toute l'étendue de son bassin.

Cette valeur est sensiblement égale à celle du bassin de la Reuss. Etant donné que le bassin de l'Arve présente de vastes territoires dont l'altitude est inférieure à ceux du bassin de la Reuss, on se serait attendu à trouver une valeur moyenne inférieure à celle que nous obtenons, en supposant le charriage sur le fond du lit à 400 mètres cubes par jour. Il se peut donc que la valeur théorique que nous avons calculée, soit 60 mètres cubes par kilomètre carré, ou celle de 55 mètres cubes admise d'après les évaluations de M. Kündig, soit plus près de la vérité que les 74 que j'ai admis.

Dans ces estimations, le lecteur remarquera que nous ne nous sommes adressés qu'à des cours d'eau alpins. Il existe, dans la littérature, une foule de renseignements relatifs à des cours d'eau de plaine. Nous en avons examiné un grand nombre, sans pouvoir les utiliser, vu le régime bien différent de ces fleuves de plaine ou de bas pays, de ceux des Alpes. En outre, les recherches faites, aussi bien en Europe qu'en Amérique ou en Afrique, s'adressent exclusivement aux matières en suspension ou à celles en dissolution. On trouvera d'importantes sources de littérature dans l'ouvrage de Penck « Morphologie der Erdoberfläsche », où j'ai largement puisé, puis dans les « Grundzüge des physischen Erdkunde » de Supan, et dans les *Water-Supply Papers du Service géologique des Etats-Unis*. Voir, à propos des travaux exécutés par les Américains, l'excellent article publié par Baulig dans les *Annales de Géographie*, XIX, 1910, p. 385-411.

1. R. DE LA BROSSE. Aménagement de l'énergie du Haut-Rhône en vue de l'alimentation de Paris *C. R. A. F. A. S.*, 1908.

lac navigable à la cote de 325 m. 50, le plancher lacustre pourra avoir la faible pente de 0 m. 1 565 pour mille.

Le volume d'eau compris entre le plan horizontal, à la cote 325 m, 50, et le plan incliné compris entre la cote 325 m. 50 dans le haut du lac, et la cote 322 mètres du fond du canal de fuite, est de 611 000 mètres cubes, qu'il faut ajouter aux 24 025 000,

Soit en chiffres ronds 25 millions de mètres cubes qui devront être conservés dans la retenue pour assurer à la fois la production hivernale de 120 mètres cubes à la seconde et, sans écluse supplémentaire, la navigation du bief pour une tranche d'eau de 2 m. 50 dans l'extrémité amont du bief.

Au-dessous de 2,5 pour mille les rivières n'ont plus la force de creuser leur lit. Comme il sera nécessaire, pour les besoins de la navigation, de toujours posséder un bief dont la pente du fond sera de 0,1 565 pour mille, force sera de draguer.

Cette nécessité de draguer nous donne la solution de la lutte qui va s'engager. C'est par la drague qu'il faudra se débarrasser des alluvions encombrantes, quels que soient les modes d'utilisation de la puissance du Rhône, par un seul barrage comme dans le projet de Génissiat, ou par deux biefs superposés.

Les matières en suspension se disséminеront sur toute la surface du plancher du lac. Les alluvions grossières se localiseront dans la région amont et, par le fait de la variabilité de niveau du lac, oscillation dont l'amplitude annuelle ne dépassera pas 4 mètres, elles se déposeront en été à l'amont extrême du lac, et en hiver, dans les étiages exceptionnels, aux environs du Pont Carnot, soit à environ 5 kilomètres plus bas que le rivage amont estival.

Pour empêcher la plaine d'alluvion montante de se former, il faudra draguer ces alluvions grossières, les transporter dans la région inférieure et les noyer.

Comme il se déposera chaque année 200 000 mètres cubes de limon et que les alluvions grossières représentent un volume d'environ 100 000 mètres cubes, cette opération de noyage des alluvions grossières devrait se faire pendant 80 ans, si un autre phénomène n'intervenait pas.

En effet, au fur et à mesure du remplissage du bief, le remplacement de l'eau se fera avec des vitesses croissantes, de sorte que le colmatage par les boues ira en diminuant d'année en année. On peut donc estimer que l'opération de noyage des alluvions grossières pourra se poursuivre, pendant environ 150 ans. A partir de cette époque, il serait nécessaire de transporter les alluvions grossières en dehors du lac.

Mais nous croyons qu'il faudra plus de temps encore. Ces alluvions grossières sont marchandise commerciale. On peut estimer, par exemple, qu'à Genève, on extrait chaque année, 60 000 mètres cubes de sable, de graviers et de galets. Une industrie semblable pourra se créer près de Collonges. La boue qui se sédimentera dans le lac est un produit dont la composition chimique permettra de fabriquer, mélangée à la chaux excellente des calcaires urgoniens, des ciments artificiels de première qualité.

En résumé, avec 3 ou 4 dragues, il sera aisé de maintenir le chenal à une profondeur variant de 10 à 7 m. 5 de profondeur, de lutter sans souci contre l'allu

vionnement pendant 150 ans, si l'on ne désire pas utiliser l'alluvion grossière. Dans 150 ans, l'œuvre projetée sera depuis longtemps amortie. Dans 150 ans, les ingénieurs auront à se préoccuper de la construction d'une voie ferrée qui ira porter au loin un volume journalier de 550 mètres cubes d'alluvion, soit environ 13 à 1 400 tonnes par jour. Ce n'est pas un grand problème à résoudre, et il faut laisser du travail pour nos successeurs.

Fig. 28. — Passe de Malpertuis en été

CHAPITRE V

OBSERVATIONS SUR LES EMPLACEMENTS DE BELLEGARDE ET DE MALPERTUIS

I. — Le barrage projeté de Bellegarde

Nous avons dit, en parlant des conditions nécessaires pour l'établissement d'un barrage, que le barrage-déversoir que l'on projette à Bellegarde serait une œuvre trop instable pour que l'on songe sérieusement à l'élever.

Il peut être utile de nous expliquer un peu plus à fond.

Le sol rocheux urgonien est connu dans le Rhône en amont de la Perte.

Le barrage actuel est fixé sur le calcaire.

L'ensemble plonge vers l'amont, ce qui est une disposition favorable, mais les roches des appuis laissent beaucoup à désirer. Au-dessus de l'Urgonien s'élèvent les roches de l'Aptien, du Gault et des Sables supérieurs. Ces roches sont très variées, les unes argileuses, les autres sableuses. Par le fait de cette hétérogénéité, il s'y forme des plans aquifères nettement visibles dans les environs de la Perte. A plusieurs reprises, on a constaté, sur le versant de la Savoie, le long du chemin vicinal, le glissement des couches immédiatement situées sur l'Urgonien, ce qui démontre la faible stabilité des roches qui formeraient les appuis. Dernièrement, une

masse importante de terrain glaciaire, dans le voisinage de l'appui de la rive droite, s'est mise en mouvement.

La coupe des terrains de la Perte du Rhône a été rendue classique par les travaux de Renevier. Ce géologue a relevé les couches suivantes de haut en bas (fig. 29) :

5. Crétacé supérieur :

Sables verdâtres contenant beaucoup de silex à la partie supérieure, sans fossiles (Cénomanien ?)..... 30 m.

4. Gault :

n. Grès rougeâtre passant au bleu et au jaunâtre. ..... 2 m. 20
m. Grès jaunâtre à *Mortoniceras inflatum*..... 0 m. 89
l. Sable bleu-verdâtre à *Desmoceras Beudanti* ..... 0 m. 60
k. Sable verdâtre marneux ..... 2 m.
j. Sable verdâtre à *Parahoplites Milletianum* .... 1 m.

3. Aptien supérieur :

i. Grès dur à *Astarte obovata, Trigonia caudata, Acanthoceras Cornuelianum*..... ..... 0 m. 75
h. Sable vert-bleuâtre... .. .. 4 m.
g. Grès verdâtre à *Exogira aquila*..... ..... 0 m. 75

2. Aptien inférieur :

f. Grès marneux gris-verdâtre..... 7 m. 95
e. Calcaire marneux à *Orbitolina lenticularis*..... ... . 0 m. 50
d. Grès marneux gris-verdâtre et marne grisâtre.... .... 1 m. 30
c. Argile rouge-vif et bleuâtre..... ..... 3 m. 30
b. Marne jaune à *Heteraster oblongus*..... . .... 1 m. 95

1. Urgonien :

a. Calcaire roussâtre à *Pterocera pelagi* et *Toucasia Lonsdalei* 2 m. 10
Calcaires divers.

On constate donc une succession de couches avec des argiles et des sables, ces derniers parfois aquifères.

Si nous ne faisons pas erreur, le barrage projeté devrait s'élever sur l'emplacement du petit barrage actuel, où la cote la plus basse de l'Urgonien, d'après M. Mauvernay, est à 293 m. 60. Comme l'ouvrage doit avoir une hauteur dépassant 30 mètres, les culées s'appuieront entièrement sur ces roches si hétérogènes, *dont plusieurs sont solubles*.

Notre confrère et ami le Professeur Kilian, de Grenoble, a été consulté au sujet du barrage de Bellegarde. Dans l'extrait de son rapport, cité par M. Mauvernay, M. Kilian admet que la présence du ciment argileux dans les sables supérieurs les rend imperméables. Nous partageons volontiers cette opinion basée sur des expériences faites, paraît-il, sous pression d'eau, *mais nous ne savons pas si toutes les autres couches possèdent la même qualité, et nous élevons de grands doutes à ce sujet.*

Il est vrai que l'on peut combattre cette perméabilité de quelques couches en

construisant des murs étanches butant en aval sur le barrage et s'appuyant sur les versants, c'est-à-dire construire une sorte de boîte étanche, remontant jusqu'au-delà de la disparition des sables supérieurs. Les murs latéraux de cette boîte seraient à fonder sur l'Urgonien. C'est là un travail énorme, mais nécessaire, et qui présenterait de très grandes difficultés d'exécution.

Le barrage projeté doit jouer le rôle de déversoir à cause de l'évacuation des crues, parce que la topographie ne se prête pas à la construction d'un canal de fuite. Voilà un danger permanent sur lequel on ne saurait trop attirer l'attention.

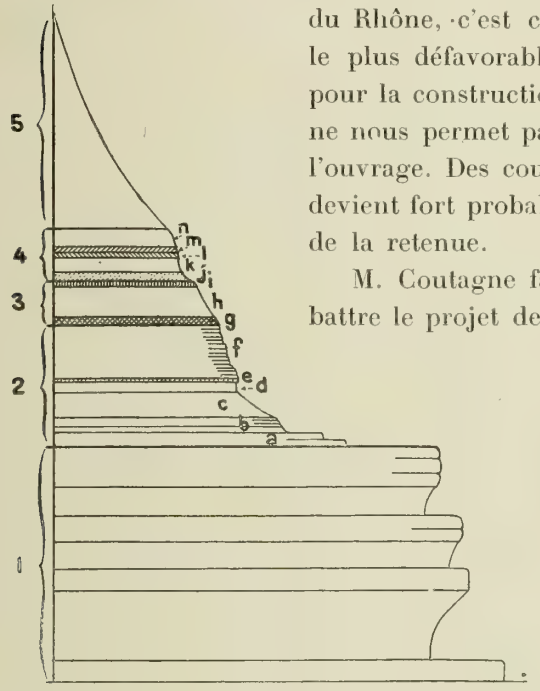


Fig. 29. — Coupe détaillée des assises crétacées de la Perte du Rhône, d'après E. Renevier

Nous estimons donc que, dans toute la haute vallée française du Rhône, c'est certainement à Bellegarde que les roches sont le plus défavorables, en ce qui concerne les appuis latéraux, pour la construction d'un haut barrage. La nature de ces roches ne nous permet pas de savoir quel devra être l'encastrement de l'ouvrage. Des couches aquifères seront mises en pression, et il devient fort probable qu'elles serviront de voie à l'eau du bassin de la retenue.

M. Coutagne fait grand cas des vannes de purge pour combattre le projet de Génissiat et mettre en valeur celui de Bellegarde. Nous avons démontré que l'alluvionnement n'était pas si grave que l'on ne puisse vivre avec lui. Mais nous mettons en doute l'efficacité de ces vannes de purge. Les cours d'eau déposent sitôt que leur pente tombe au-dessous de 2,5 pour mille. Pour un bief de 16 kilomètres, qui serait la longueur du bassin de retenue commandé par le barrage de Bellegarde, il faudrait donc des vannes de purge aussi hautes que le barrage lui-même, pour évacuer l'alluvion grossière, celle constituée par les galets.

Or, des vannes si hautes ne sont pas réalisables. Il faudrait donc également draguer dans le bief de Bellegarde un cube presque aussi important (en admettant des vannes de purge de 16 mètres) que celui qu'il faudra draguer pour le bief de Génissiat. Or, le bief de Bellegarde possédant un volume d'eau beaucoup moindre, le problème de l'alluvionnement devient sérieux au bout d'un temps beaucoup plus court.

II. — **Le barrage projeté de Malpertuis**

Il s'agit d'un barrage unique qui fonctionnerait comme celui de Génissiat.

Dans un barrage de cette hauteur, il est d'absolue nécessité que l'ouvrage ne fasse pas l'office de déversoir. Il ne faut pas que la face aval de la maçonnerie soit mouillée, car on doit redouter comme le plus mortel ennemi l'écoulement de l'eau sur la

face aval d'un haut barrage, à cause de l'effet inéluctable de l'érosion régressive.

On a la certitude que cette érosion ne peut être maîtrisée dès que la vitesse de l'eau dépasse une certaine limite. Actuellement, à Bellegarde, le canal de fuite construit tout dernièrement sur la rive gauche, canal de fuite qui a été très peu utilisé, est déjà atteint par les effets de l'érosion remontante, le fond du canal est déjà poli et des marmites de géant commencent à se former.

La construction d'un large canal de fuite s'impose à Malpertuis, mais on ne rencontre pas à Malpertuis comme à Génissiat une banquette favorablement placée, et il sera nécessaire de suspendre ce canal dans des parois qui ne sont pas reconnues et qui paraissent abruptes ; des souterrains de très grande importance y seront sans doute nécessaires.

On a beaucoup parlé de diaclases à propos de tous ces projets de barrage.

C'est dans les environs même de Malpertuis qu'elles sont les plus remarquables. On en voit deux, baillantes, immédiatement en aval de la chute et une troisième qui prend le fleuve en écharpe et qui se dirige en amont dans la direction de l'ouvrage projeté (si celui-ci est bien projeté en amont de la chute) (pl. IV et V)[1].

Rien ne nous dit qu'il n'existe pas encore d'autres diaclases baillantes, ce qui ne peut être vérifié que par des études aussi approfondies que celles que nous avons faites à Génissiat. Les sondages exécutés n'ont été faits, semble-t-il, qu'à la corde ou à la barre à mine. On ne possède donc même pas un profil certain du lit rocheux. On n'a aucune connaissance de la constitution des couches immergées. On ne sait rien des parois émergées. On est dans l'ignorance la plus complète des pentes sur lesquelles devrait être accroché le canal de navigation, etc.

Autrement dit, tout est à faire ou serait à faire si ce projet devait être substitué à celui de Génissiat.

Pour Malpertuis, les recherches suivantes nous paraissent nécessaires :

1° Examen du lit rocheux. Quand on examine le lit de la Valserine, en amont du Pont des Oules, on voit qu'un lit mineur rocheux se prolonge très loin. Il paraît en être de même à Malpertuis à cause des figures d'interférence de la veine liquide en amont de la chute. L'examen de ce lit rocheux ne peut se faire sur des pontons, comme à Génissiat, à cause de l'impétuosité du fleuve ; il faudrait construire une large passerelle démontable qui serait jetée successivement sur le tracé des parois du barrage projeté.

Des sondages au rail seraient faits tous les 5 mètres, comme à Génissiat.

2° Pour être certain de la constitution de la roche immergée, quatre puits au diamant seraient nécessaires. Vu l'escarpement des parois, il faudrait exécuter dans ces parois quatre niches aussi hautes que sont les derricks.

Nous ne croyons pas qu'une galerie creusée sous le Rhône puisse fournir des renseignements aussi complets que les sondages au diamant, car elle ne donne pas les renseignements en toutes directions comme on peut les obtenir par la méthode des puits.

1. Si le barrage est projeté sur la chute ou dans la région de l'étroit (fig. 28), on peut le déclarer impossible, vu la profondeur certaine du couloir au-delà des limites accessibles à l'homme. Le Rhône, obligé de s'étaler en hauteur, doit avoir une profondeur au moins égale à la largeur qu'il possède, lorsque la tranche d'eau n'a que 4 mètres environ comme à Génissiat. Cette profondeur doit donc être de 50 mètres environ.

3° Plusieurs galeries seraient creusées dans les parois émergées pour connaître à quelle profondeur est la roche saine, galeries de quatre mètres carrés de section.

4° Le long du bief navigable, une longue série de puits à la main devrait être exécutée, afin de connaître l'épaisseur des zones d'éboulis qui sont nombreuses.

Ce travail de prospection devrait être suivi aussi attentivement qu'à Génissiat par un personnel de toute confiance.

A Génissiat, ces études ont duré près de trois ans, parce que nous avions la méthode à créer et parce que nous nous sommes aperçus peu à peu de ce que l'on était en droit d'exiger ; à Malpertuis, avec l'expérience acquise à Génissiat, on peut estimer qu'en mettant en chantier les quatre recherches, dix-huit mois seraient nécessaires. La dépense serait beaucoup plus élevée à Malpertuis qu'à Génissiat. Il faut compter à peu près le double, les chantiers étant beaucoup moins abordables.

Ce n'est qu'après ces travaux que l'on pourra savoir si le barrage peut être construit à Malpertuis.

Fig. 30. — Le château de Génissiat

CHAPITRE VI

DISCUSSION DES OPINIONS OPPOSÉES A LA CONSTRUCTION DU BARRAGE DE GÉNISSIAT

Dans le cours de ces pages, nous avons plusieurs fois dit ce que nous pensions des arguments qui nous ont été opposés par M. Martel. Il est bon de les résumer et d'ajouter ce que nous pouvons dire encore.

« L'inspection du cours du Rhône — dit M. Martel [1] — conduit à la conclusion formelle qu'il serait imprudent de vouloir fonder un barrage à l'aval du Pas de Malpertuis, dans un lit alluvionné, déjà profondément travaillé par les eaux ».

C'est justement pour savoir s'il était imprudent d'élever ce barrage qu'a été faite la longue enquête dont les pages précédentes peuvent donner une idée.

M. Martel ne trouve pas extraordinaire que le lit du Rhône à Génissiat soit très alluvionné. Bien avant de faire nos sondages, nous savions, nous aussi, que le lit était rempli de sable, l'histoire des fondations du pont de Pyrimont, l'ouvrage le plus rapproché de Génissiat, nous étant bien connue. Plutôt que de se livrer à des conjectures, le Comité d'études a jugé qu'il était préférable de vérifier l'alluvionnement expérimentale

1. Conférence faite à Lyon devant la Société d'Agriculture, Science et Industrie

ment, et on ne peut, dans ces conditions, nous reprocher d'avoir été étonnés de trouver une épaisseur si considérable. Ce n'est pas cette épaisseur d'alluvions qui nous a étonnés, mais la profondeur du lit rocheux, que rien ne pouvait nous aider à déterminer, puisqu'aucun seuil visible n'existe en aval de Génissiat et que le seul seuil en amont, reconnu par des sondages sérieux, est celui situé en amont de la Perte. Cette profondeur importe peu en définitive, puisque le lit rocheux que nous avons rencontré est accessible à l'homme.

Nous estimons connaître suffisamment la forme du lit rocheux par nos rails distants les uns des autres de 5 mètres. M. Martel voudrait des sondages continus, mais si ce fond rocheux présente des marmites, n'est pas uni, où est l'inconvénient ? Au contraire, les fondations du barrage, qui doit être élevé à sec, n'en seront que mieux ancrées.

Le profil rocheux longitudinal du Rhône, de M. Martel, paru dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*[1], n'est qu'hypothétique. Tant que l'on n'aura pas pratiqué des sondages au rail ou au trépan dans les divers points rocheux signalés par son auteur, il ne sera pas possible d'admettre les probabilités qu'il a indiquées.

Au sujet de l'emplacement de Génissiat, M. Martel s'exprime ainsi : « il est clair qu'un tel inachèvement » (vallée non finie et où l'érosion régressive est active) « impose les plus grandes précautions et qu'un gros risque serait encouru, si l'on choisissait précisément une vallée aussi mal finie pour y établir le plus grand barrage du monde ».

Or, dans la loi qu'il énonce à la page 32 de sa conférence de Lyon, Génissiat se trouve justement en dehors de la cluse torrentielle où l'érosion régressive agit en pleine activité. Puisqu'il y a alluvionnement, c'est bien la preuve qu'à Génissiat le lit est fixé. C'est donc bien plus au barrage de Bellegarde, au-dessus d'un gouffre qui régresse, ou à celui de Malpertuis, qui se trouve dans une position très semblable, que devrait s'adresser la remarque de M. Martel.

Mais nous ne croyons pas nous tromper en disant que le jour où le barrage de Génissiat aura été élevé, il en sera fini de l'érosion régressive dans le cañon, et cela d'autant plus que M. Coutagne parle d'un alluvionnement de plus de un million de mètres cubes par an.

M. Martel nous assure que « constamment le profil en travers changera ; et les produits de ces changements, blocs rocheux, débris d'éboulis, argiles résiduaires, etc., pourront provoquer des remous perturbateurs, des engorgements dans les canaux et les turbines et bien d'autres inconvénients... Les rives chargées d'eau seront l'objet de graves glissements au contact de la molasse et de l'Urgonien. »

Mais n'est-ce pas précisément au contact de la molasse et de l'Urgonien, y compris le coussinet des couches du Gault, que la construction du barrage de Bellegarde va provoquer un surcroît de pression d'eau, dans une zone où nous connaissons divers éboulements arrivés ces derniers temps ?

Le distingué spéléologue qu'est M. Martel est un partisan convaincu de la théorie qui veut que les fleuves coulent dans des fissures préexistantes. Epousons un instant cette vieille hypothèse et tirons-en les conséquences naturelles.

« Dans le lit du fleuve, deux grandes cassures ont provoqué les étroits de la

1. E. A. Martel. Sur le profil en long et l'alluvionnement du cañon du Rhône, *C. R. Acad. Sc.*, 8 janvier 1912.

Perte et de Malpertuis », ainsi s'exprime M. Martel. D'autre part, il note le fait connu qu'à la Perte on constate une érosion régressive de 70 à 80 centimètres par an.

D'après M. Martel, la Perte, qui en vertu de l'érosion régressive se trouvait antérieurement en aval de sa situation actuelle, était dûe à une cassure. Actuellement, elle est encore dûe à une cassure. Elle remonte en vertu de l'érosion régressive guidée par la même cassure. Il en est de même à Malpertuis. Ces cassures de Malpertuis et de la Perte sont sur la ligne médiane du fleuve, lequel est, en amont, dans la prolongation rectiligne des deux cassures qui doivent manifestement s'y prolonger puisque ces étroits remontent le cours sans perdre leurs formes.

Dans ces conditions, il peut paraître singulier qu'un spéléologue averti, comme l'est M. Martel, préconise l'élévation d'un barrage à quelques mètres en amont de la Perte et de Malpertuis, juste sur les deux grandes cassures dont il admet l'existence.

Enfin, M. Martel cite les nombreuses cassures de l'Urgonien supérieur, en particulier dans les tranchées du chemin de fer à proximité de Génissiat, et il en fournit des preuves photographiques.

Or, c'est justement sur ces couches de l'Urgonien supérieur que doit être fondé le barrage de Bellegarde. Le barrage de Génissiat échappe à cette critique, puisqu'il est fondé sur les couches résistantes de l'Hauterivien.

M. Martel, en définitive, nous apporte le secours de ses conclusions en faveur de Génissiat, à savoir que les barrages de Bellegarde et de Malpertuis ne sont pas à construire, puisqu'ils se trouvent tous deux à cheval sur des cassures certaines, et que de plus la roche de fond, à Bellegarde, serait remplie de fissures.

Nous ne sommes pas, quoique par des interprétations très différentes des phénomènes, bien loin d'être d'accord.

Fig. 31. — Maquette des ouvrages projetés a Génissiat

CHAPITRE VII

CONCLUSIONS

Nous voici arrivés à la fin de ce travail, dans lequel nous avons condensé toutes nos études au sujet du projet consistant à élever un haut barrage à Génissiat. Notre conclusion sera brève. Nous pensons avoir démontré que :

1° Le bief qui sera créé est imperméable.

2° La création du bief ne causera aucune perturbation sur les terrains riverains. Des travaux de protection seront simplement à exécuter dans le défilé de l'Ecluse.

3° Le lit rocheux est accessible à Génissiat et ce lit rocheux est sain.

4° La partie étudiée des parois émergées se montre prête à soutenir les culées du vaste ouvrage.

5° Le canal de fuite pourra s'étendre sur un sol rocheux.

Conclusion. — *Les conditions naturelles se montrent favorables à la construction du grand barrage de Génissiat.*

BARRAGE DE GÉNISSIAT

SONDAGES GÉOLOGIQUES

JOURNAUX DE SONDAGES

Sondage n° 1. — Parement amont, rive droite
— n° 2. — aval, rive gauche
— n° 3. — amont, rive gauche
— n° 4. — aval, rive droite

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numero	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes		
De 0 à 14						Morceaux non jointifs obtenus à la grenaille	
		265 095	265				Couche A.
15	1				0 30	Carotte obtenue à la grenaille	
		264 795				Joint imparfait	Calcaire oolithique clair.
16	1			0 125		Carotte commencée à la grenaille	
		264 670				Joint imparfait	
17	2			0 190			
		264 480				4 petits éclats se juxtaposant entre eux et aux carottes adjacentes en rendant le joint parfait	
1	2 3			0 245	1 055		
		264 235				Joint parfait	
2	4			0 320			
		263 915	264			Joint parfait	
3	5			0 175			
		263 740				Juxtaposition impossible	Couche A'.
4	3				0 030	Morceau arrondi et usé	
		263 710				id.	Calcaire oolithique clair.
5	4				0 035	id.	
		263 675				id.	
6	1			0 235			
	5	263 440			0 385	Joint parfait	
7	2			0 150			
		263 290				Joint très imparfait	
8	6				0 210		
		263 080	263			id.	
9	7				0 190		
		262 890				Joint impossible	
10	8				0 050	Carotte tronconique usée par la replongée de la couronne	
		262 840				Joint impossible	
11	9				0 275		
		262 565				Joint très imparfait	
12	10				0 215		
		262 350				Joint impossible — Carotte tronconique usée par la couronne	
1	1			0 050			
		262 300				Joint imparfait, usure accentuée	Couche B.
2	2			0 100			
		262 200				Une veine permet la juxtaposition	Calcaire blanc oolithique.
3	3			0 220			
		261 980	262			Joint parfait	
4	11 4			0 070	0 950		
		261 910				Polypiers.	
5	5			0 185			
		261 725				Joint parfait, commencement d'usure	
6	6			0 205			
		261 520				id. id.	
7	7			0 120			
		261 400				Joint très imparfait	
1	1			0 135			
		261 265				Joint parfait	
2	2			0 090			Calcaire plus gris avec délits irréguliers.
		261 175				id.	
3	3			0 145			
		261 030				id.	
4	4			0 030			
		261 000	261			id.	
				0 400			

Voir page suivante

27 octobre 1910 — N° 18

27 octobre 1910 — N° 19

28 octobre 1910 — N° 20

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes		
N° 20 (*suite*)		261 000	261	0 400		Joint parfait	Calcaire gris compact.
5	5	260 885		0 115		id.	
1	12 6	260 600		0 285	1 190	id.	
2	7	260 505		0 095		id.	
3	8	260 335		0 170		id.	
4	9	260 210		0 125		Joint imparfait	Délits irréguliers.
5	1	259 960	260	0 250		Joint parfait	Couche B'.
6	2	259 885		0 075		id.	Calcaire un peu plus jaunâtre oolithique.
7	3	259 705		0 180		id.	
8	4	259 580		0 125		Morceau orienté id.	
1	5	259 505		0 075		id.	
2	13 6	259 400		0 105	1 320	id.	
3	7	259 340		0 060		id.	
4	8	259 170		0 170		id.	
5	9	259 060		0 110		id.	
6	10	258 890	259	0 170		Morceau orienté	
6'	14	258 820			0 070	Usure très accentuée évaluée à 7 m/m En 3 morceaux	Couche C. Calc. très oolithique.
7	15	258 675			0 145	Usure très accentuée id.	
8	16	258 470			0 205	id.	
9	17	258 305			0 165	Usure normale	Calcaire plus crayeux, blanc.
10	18	258 175			0 130	Usure très accentuée	
11	19	257 950	258		0 225	Usure	Calcaire plus cristallin.
12	1	257 800		0 150		Commencement d'usure	Calcaire oolithique blanc ou gris pâle.
13	2	257 620		0 180	0 620	Joint parfait id.	
1	20 3	257 530		0 090			
2	4	257 330		0 200			
2'	1	257 280		0 050		Usure très accentuée	
3	21 2	257 150		0 130	0 180	id.	
						id.	

9 novembre 1910 — N° 21

11 Novembre 1910 — N° 22

12 Nov. 1910. — N° 23

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro		NUMÉROTATION DÉFINITIVE		ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes		
				257 150					Couche C (*suite*).
12 Nov. — N° 23	4	22					0 110		
				257 040				Usure très accentuée	Calcaire gris compact.
	5		1		257	0 180			
				256 860				Comm[t] d'usure, une veine permet la juxtap[on]	
	6		2			0 095			
		23		256 765			0 530	Joint presque parfait	
	7		3			0 205		Morceau orienté	
				256 560				Joint parfait, cassure de remontée	
	1		4			0 050			
				256 510				Joint très incliné, usure de 8 m/m	
14 Novembre 1910 — N° 24	2	24					0 150	En 2 morceaux se juxtaposant, usé par la carotte suivante	
				256 360				Usure très prononcée, admise égale à 2 c/m	
	3	25			256		0 905		Calcaire blanc jaunâtre compact.
				255 455				Usure de 2 m/m	
	4		1			0 125			
		26		255 330			0 280	id. 2 m/m joint très incliné	
	5		2			0 155			
				255 175				id. 2 m/m	
	6	27			255		0 240		
				254 935				id. 2 m/m	
	7		1			0 120		Morceau orienté	
				254 815				Joint parfait	
15 Nov. — N° 25	1		2			0 620			
				254 195				id.	
	2		3		254	0 435			
				253 760				id.	
	3		4			0 125		(Mal orienté)	
				253 635				id.	
	4		5			0 015			
		28		253 620			2 245	id. cassure de remontée	
	1		6			0 230			
				253 390				id.	
15 Novembre 1910 — N° 26	2		7			0 260			
				253 130				id.	
	3		8		253	0 200			
				252 930				Légère usure 1 m/m	
	4		9			0 095			
				252 835				Usure de 1 m/m 1/2	
	5		10			0 145			
				252 690				id. 2 m/m	
	6		1			0 155			
		29		252 535			0 365	id. 2 m/m	
	7		2			0 210			
				252 325				Usure accentuée de 2 m/m 1/2	
	1	30					0 240		
				252 085				Usure de 2 m/m	
	2		1		252	0 130			
				251 955				Légère usure de 1 m/m	
18 Nov. 1910 — N° 27	3		2			0 135			
		31		251 820			0 875	Usure accentuée de 2 m/m	
	4		3			0 105			
				251 715				Légère usure de 1 m/m	
	5		4			0 505			
				251 210				Usure de 1 à 2 m/m	

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro		NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes		
N° 27 (*suite*)			251 210					Couche C.
	6	1	251 105		0 105		Cassure nette, joint parfait	Délits irréguliers verdâtres.
18 Novembre 1910. — N° 28	1	2	250 900	251	0 205		Joint presque parfait	
	2	3	250 790		0 110	0 780	id. légère usure de 1/2 m/m	
	3	4	250 760		0 030		Légère usure de 1 m/m	
	4	5	250 515		0 245		id. 1 m/m	
	5	6	250 430		0 085		Usure accentuée de 2 m/m, joint horizontal	
	6	33	250 340			0 090	id. 2 m/m id.	
	7	34	250 260			0 080	id. 2 m/m	
	8	35	249 910	250		0 350	id. 2 m/m	
	9	1	249 570		0 340		id. 2 m/m	
	10	36 2	249 470		0 100	0 550	id. 2 m/m	
19 Novembre 1910. — N° 29	1	3	249 360		0 110		Usure très accentuée 2 m/m 1/2	
	2	1	249 230		0 130		Légère usure 1 m/m	
	3	37 2	248 615	249	0 615	0 830	id. 1 m/m	
	4	3	248 530		0 085		Usure accentuée 2 m/m, roche tendre avec dépôts verdâtres	Délit verdâtre.
	5	1	248 375		0 155	0 275	id. 2 m/m id.	
	6	38 2	248 255		0 120		id. 2 m/m id.	
	7	39	248 020			0 235	id. 2 m/m id.	
	8	1	247 695	248	0 325	0 440	Légère usure 1 m/m	Couches K. L. M.
	9	40 2	247 580		0 115		Usure très accentuée 3 m/m	Calcaire oolithique plus crayeux.
	10	41	247 420			0 160	Légère usure 1 m/m	
20 Novembre 1910. — N° 30	1	1	247 160		0 260		Cassure nette	
	2	2	246 355	247	0 805		id.	
	3	3	245 235		0 120	1 465	id.	
	4	42 4	246 145		0 090		id.	
	5	5	246 045		0 100		id.	
	6	6	245 955	246	0 090		Usure de 2 m/m	

Sondage n° 1. — Parement amont, rive droite

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro		NUMÉROTATION DÉFINITIVE		ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes		
				245 955					Couches K. L. M.
20 Novembre 1910. — N° 30	7		1	245 850		0 105		Joint presque parfait, légère usure de 1 m/m	
	8		2	245 795		0 055		Légère usure de 1 m/m	
	9	43	3	245 695		0 100	0 405	id. 1 m/m	Calcaire oolithique jaunâtre, délits verdâtres.
	10		4	245 625		0 070		id. 1 m/m	
	11		5	245 550		0 075		Usure accentuée de 2 m/m	
	12	44		245 435			0 115	Carotte en cône au sommet id. 2 m/m	
	13		1	245 350		0 085		Morceau oriente Cassure nette, de manœuvre	
21 Novembre 1910. — N° 31	1		2	245 220		0 130		Légère usure de 1 m/m	
	2		3	245 145		0 075	0 615	id. 1 m/m	
	3	45	4	245 020		0 125		id. 1 m/m	
	4		5	244 940	245	0 080		Usure de 2 m/m	
	5		6	244 820		0 120		id. 2 m/m	
	6	46		244 675			0 145	Usure accentuée de 2 m/m	Calcaire plus crayeux.
	7	47		244 575			0 100	Usure très accentuée de 2 m/m 1/2	
	8		1	244 495		0 080		Joint parfait	
3 et 4 Février 1911. — N° 32	1		2	244 450		0 045	0 365	Légère usure de 1 m/m	
	2	48	3	244 325		0 125		id. 1/2 m/m	
	3		4	244 210		0 115		Joint horizontal, usure accentuée de 2 m/m	
	4	49		244 095			0 115	Usure de 1 m/m	
	5	50		243 985	244		0 110	Cassure difforme, usure accentuée 3 m/m	
	6	51		243 830			0 155	Usure accentuée de 2 m/m 1/2	
	7	52		243 725			0 105	id. 2 m/m 1/2	
	8	53	1	243 540		0 185	0 350	Joint presque parfait, légère usure de 1 m/m	
	9		2	243 375		0 165		Usure accentuée de 2 m/m	
	10	54		243 220			0 155	Cinq morceaux durs. Quand on les a traverses, l'avancement a été moins rapide, et les tiges vibraient Usure accentuée de 2 m/m	
	11	55		243 110			0 110	Usure de 1 m/m	
	12	56		243 030			0 080	Usure accentuée de 2 m/m	Calcaire oolithique plus compact, delits verdâtres.

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes		
		243 030					Couches K. L. M.
1	1		243	0 180			
		242 850				Usure accentuée de 2 m/m	Calcaire un peu plus crayeux.
2	57 2			0 085	0 410		
		242 765				id. 2 m/m	
3	3			0 145			
		242 620				id. 2 m/m	
4	1			0 330			
	58	242 290			0 475	Légère usure de 1 m/m	Couche N. Calcaire oolithique avec fréquents grains de glauconie.
5	2			0 145			
		242 145				Usure accentuée de 2 m/m	
6	59		242		0 345		
		241 800				id. 2 m/m	id. plus compact.
7	1			0 190			
	60	241 610			0 370	Légère usure de 1 m/m	Couche O. Calcaire oolithique bréchoïde. Caractère s'accentuant à la base de 60-2. Délit marneux.
8	2			0 180			
		241 430				id. 1 m/m	
1	1		241	0 560			
		240 870				Carotte cassée en la manipulant	Couche F. Calcaire oolithique roux
2	2			0 270		Joint parfait	délit marneux.
	61	240 600			1 230	id.	Couche Q. Région très bréchoïde et rousse. Fragments de brèche calcaire dans du sable jaune.
3	3			0 100			
		240 500				Cassure nette faite pendant la manœuvre (terre jaune)	
3b	4			0 300			
		240 200				Joint imparfait avec léger manquant	Couche R.
4	62				0 130		
		240 070				Légère usure de 1 m/m	Calcaire oolithique, compact, roux.
5	63		240		0 130		
		239 940				id. 1 m/m	
6	64				0 215		
		239 725				Usure accentuée de 2 m/m	Couche S. Banc très bréchoïde, sédimentation très irrégulière de calcaire gris à grains roux, délits très nombreux.
7	1			0 135			
	65	239 590			0 235	Léger manquant de 1 m/m	
8	2			0 100			
		239 490				Usure accentuée de 2 m/m	
9	66				0 125		
		239 365				id. 2 m/m	id. plus compact.
10	67				0 165		
		239 200				Légère usure de 1 m/m	Couche T.
1	1		239	0 525			
		238 675				Joint parfait	Beau calcaire oolithique blanchâtre.
2	2			0 530			
		238 145				id.	
3	3		238	0 375			
		237 770				id.	
4	68 4			0 380	2 725		
		237 390				Joint presque parfait	
5	5		237	0 535			
		236 855				Joint parfait, cassure de manœuvre	
6	6			0 035			
		236 820				id. cassure nette	
1	7			0 345			
		236 475				Usure accentuée de 2 m/m	
2	69				0 150		
		236 325				id. 2 m/m	

5 Février 1911. — N° 33

6 Février 1911. — N° 34

7 Février. — N° 35

8 fév. N° 36

Sondage n° 1. — Parement amont, rive droite

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ATTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes		
		236 325					
8 Février 1911. — N° 36 — 3	70 — 1	235 985	236	0 340	0 485	Légère usure de 1 m/m	Calcaire plus roux.
4	2			0 145			
		235 840				Manquant évalué à 5 m/m	Couche U.
5	1			0 085			
6	71 — 2	235 755		0 060	0 145	id. 5 m/m — Diaclase oblique absorbant l'eau de la pompe	Calcaire oolithique roux dur.
		235 995				id. 5 m/m	
7	72				0 115	En morceaux ficelés. Usure très accentuée produite par le coincement de la bague. 5 m/m environ	
		235 580					
8	1			0 050			
9	73 — 2	235 530		0 105	0 155	Joint presque parfait	
		235 425				Usure accentuée de 2 m/m	
10	74				0 110		
		235 315				Usure très accentuée de 3 m/m	Couche V. Calcaire oolithique jaune à petits grains noirs.
11	1			0 195			
12	75 — 2	235 120		0 110	0 305	Joint presque parfait	
		235 010	235			Usure accentuée de 2 m/m	
13	1			0 070			
		234 940				Joint presque parfait	
14	2			0 100			
		234 840				Cassure nette	
9 Février 1911. — N° 37 — 1	76 — 3			0 125	0 380		
		234 715				Usure légère de 1 m/m	
2	4			0 195			
		234 520				id. 1 m/m	
3	5			0 090			
		234 430				Usure accentuée de 2 m/m, joint imparfait	
4	1			0 095			
		234 335				id. 2 m/m	Couche V'. Glauconie abondante au haut de la carotte.
5	77 — 2			0 125	0 325		
		234 210				id. 2 m/m	Couche W. Calcaire oolithique compact, rares grains noirs.
6	3			0 105			
		234 105				id. 2 m/m	
7	1			0 045			
8	78 — 2	234 060			0 185	Peu usé, joint se raccordant.	Calcaire oolithique jaune roux.
		233 920	234	0 140		Usure accentuée de 2 m/m	
9	1			0 113			
		233 807				Joint presque parfait	
10	2			0 030			
		233 777				Cassure nette	Délits arénacés.
11	3			0 117			
		233 660				Légère usure de 1 m/m	
12	79 — 4			0 050			
		233 610				Très légère usure de 1/2 m/m	
13	5			0 110			
		233 500				id. 1/2 m/m	
14	6			0 070			
		233 430				Cassure nette	
15	7			0 030			
		233 400				Cassure assez nette	
				0 520			

Voir page suivante

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes			
				0 520				Calcaire oolithique à grains roux.
		233 400						
9 Fév. — N° 37 — 16	79 — 8			0 125	0 665	Usure très accentuée 3 m/m		
		233 275				Morceau plat, insuffisant pour avoir un N°		
17	9			0 020		Usure très accentuée de 3 m/m		
		233 255				En 2 morceaux		
18	80 — 1			0 025				
		233 230			0 065	Usure très accentuée de 3 m/m		
10 Février 1911. — N° 38 — 1	2			0 040		En plusieurs morceaux		
		233 190				Usure très accentuée de 5 m/m	Bane très délité ayant donné 0,35 de manquant. Comme aucune secousse n'a été ressentie, il faudrait attribuer ce manquant à l'usure.	Couche W'. Sédimentation irrégulière. Délits sableux. Calcaires oolithiques plus arénacés, peu cimentés.
2	81				0 170			
		233 020				id. 5 m/m		
3	82		233		0 170			
		232 850				id. 5 m/m		
4	83				0 180			
		232 670				id. 5 m/m		
5	84				0 085			
		232 585				id. 5 m/m		
6	85				0 155			
		232 430				id. 5 m/m		
11 Fév. 1911. — N° 39 — 1	86				0 165			
		232 265				id. 5 m/m		
2	87		232		0 805	En 8 morceaux qui juxtaposés donnent une longueur de 0,51 ; manquant de 0,295		
		231 460				Usure très accentuée de 5 m/m		
3	88				0 155			
		231 305				id. 5 m/m		
4	89				0 165			
		231 140	231			id. 5 m/m		
13 Février 1911. — N° 40 — 1	90 — 1			0 555				Couche W''. Calcaire oolithique, compact ; sédimentation irrégulière.
		230 585			1 100	Joint presque parfait		
2	2			0 545				
		230 040				Usure accentuée de 2 m/m		Couche X. Sédimentation irrégulière de calcaire oolithique.
3	1		230	0 170				
		229 870				Joint presque parfait		
4	91 — 2			0 160	0 490			
		229 710				Légère usure de 1 m/m		
5	3			0 160				
		229 550				id. 1 m/m		
6	1			0 050				
		229 500				Joint presque parfait		
1	2			0 500				
		229 000				Joint parfait		
2	3		229	0 740				
	92	228 260			1 890	Joint possible, usure accentuée de 2 m/m		
3	4			0 260				
		228 000	228			Légère usure de 1/2 m/m		
4	5			0 185				
		227 815				id. 1/2 m/m		Couche X'.
5	6			0 155				Calcaire oolithique, sédimentation très irrégulière.
		227 660				Usure accentuée de 3 m/m		
15 Février 1911. — 6	93 — 1			0 230				
		227 430			0 360	Joint presque parfait		Couche Y. Apports sableux et marneux qui donnent a la roche sa couleur sombre.
7	2			0 130				
		227 300				Usure très accentuée de 5 m/m		
8	94		227		0 510			
		226 790				id. 3 m/m		

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro		NUMÉROTATION DÉFINITIVE		ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes		
				226 790					Couche Y.
16 Février 1911. — N° 42	1		1	226 115		0 675		Très légère usure	Oolithe noyée dans une pâte marneuse.
	2	95	2	225 970	226	0 145	1 210	id.	
	3		3	225 580		0 390		Légère usure de 1 m/m	
	4	96		225 225			0 355	id. 1 m/m	
	5	97		224 920	225		0 305	Très légère usure	
	6		1	224 685		0 235		Cassure artificielle très nette	Grains siliceux.
17 Fév. — N° 43	1		2	224 265		0 420		id. id. Morceaux retirés en un seul et cassés accidentellement.	Couche Y'.
	2		3	223 835	224	0 430		id. id.	Roche semblable à Y, mais moins sombre.
	3		4	223 615		0 220		id. id.	
18 Fév. 1911. — N° 44	1		5	223 045		0 570		Cassure nette	
	2		6	222 845	223	0 200		id.	
	3		7	222 435		0 410		id.	Couche Y''. Changement subit de sédimentation. Calcaire oolithique purement calcaire, compact, roche jaune.
	4		8	222 300		0 135		id.	
	5		9	221 960	222	0 340		id. artificielle	
22 Février 1911. — N° 45	1		10	221 750		0 210	Voir page suivante	id.	Couche Z.
	2		11	221 570		0 180		id.	Roche grise, soit calcaire oolithique marneux.
	3		12	220 985	221	0 585		id.	
	4	98	13	220 970		0 015		id.	
	5		14	220 640		0 330		id.	
	6		15	220 474		0 166		id.	
	7		16	220 108		0 366		Cassure moins nette que les précédentes mais permettant facilement la juxtaposition	
	8		17	219 960	220	0 148		Cassure nette	Délits sableux.
	9		18	219 765		0 195		id.	Calcaire gris purement oolithique.
23 Fév. 1911. — N° 46	1		19	219 150		0 615		Cassure assez nette	Couche Z'. Sédimentation oolithique, bréchoïde, arénacée.
	2		20	219 100		0 050		Petit morceau avec éclats ficelés	
	3		21	218 755	219	0 345		Cassure assez nette	
	4		22	218 055		0 700		Cassure moins nette mais permettant la juxtaposition / Cassure artificielle — Morceaux friables	Plusieurs délits arénacés.
	5		23	217 960	218	0 095		Cassure nette	
						6 960			

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes		
							Couche Z'.
N° 46 — 6	24	217 960		6 960	7 540		
				0 318			Sédimentation plus calcaire.
		217 642				Cassure assez nette	
N° 47 — 1	25			0 262			
		217 380				id. (juxtaposition avec éclats)	
24 Fév. — 2	1		217	0 490			
		216 890				Cassure nette, un éclat	Couche Z'''. Sédimentation toujours oolithique, mais plus cimentée, teinte grise dominante.
3	99 — 2			0 340	0 920	En 2 morceaux	
		216 550				Cassure nette	
4	3			0 090			
		216 460				id.	

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro		NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ATTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes		
			263 510				Origine du sondage. Avant-puits de 6m30	Calcaire blanc compact.
3 Avril 1911. — N° 1	1	1	263 350		0 160		Joint parfait. Un éclat	id.
	2	1 2	263 070		0 280	0 510	Joint parfait	id.
	3	3	263 000		0 070		Usure prononcée 2 m/m	id.
	4	2	262 690	263		0 310	Joint imparfait. Légère usure	id.
	5	1	262 590		0 100		Joint presque parfait	id.
4 Avril 1911. — N° 2	1	2	262 355		0 235	0 610	id.	id.
	2	3	262 240		0 115		En 3 morceaux ficelés se raccordant. Joint parfait	id.
	3	4	262 080		0 160		Usure très accentuée 5 m/m	id.
	4	4	262 005			0 075	id. 5 m/m	id.
	5	1	261 675	262	0 330	0 555	Joint passable	id.
	6	5 2	261 450		0 225	0 160	en 6 morceaux ficelés. 4 morceaux non raccordables et non numérotés	id.
5 Avril 1911. — N° 3	1	6	261 290			0 118	En 6 morceaux ficelés	id.
			261 180				Usure considérable évaluée à 15 m/m	id.
	2	7	261 165			0 102	En 2 morceaux ficelés. Joint très rodé, usure 5 m/m	id.
			261 070				En 3 morceaux ficelés	id.
	3	1	260 850	261	0 220	0 360	Joint parfait	Calcaire plus gris.
	4	8 2	260 710		0 140		En 3 morceaux ficelés. Joint imparfait. Eclats	id.
			260 650			0 060	Eclats manquants 6 m/m	id.
	5	9	260 585			0 065	En 5 morceaux ficelés. Usure accentuée 3 m/m	id.
	6	1	260 210		0 375		Joint parfait	id.
	7	2	259 910	260	0 300		id.	id.
6 Avril 1911. — N° 4	1	3	259 760		0 150	1 120	id.	id.
	2	10 4	259 670		0 090		Légère usure 1/2 m/m ; rapprochement possible	id.
	3	5	259 515		0 155		Joint parfait	id.
	4	6	259 465		0 050		Usure assez accentuée 1 m/m 1/2	id.
	5	11	259 215		0 250	0 250	Usure peu accentuée 1 m/m	Calcaire gris à veines grises horizontales.

Ensemble des couches A, A', B, B'.

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ATTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes			
		259 215						
6 avril 1911. — N° 4 — 6	1	258 715	259	0 500		Joint parfait	Calcaire gris compact.	
7	12 — 2	258 580		0 135	0 830	Joint presque parfait	id.	
8	3	258 385		0 195		Joint impossible. 2 éclats	id.	oolithique.
9	13	258 225			0 160	En 7 morceaux ficelés. Usure très accentuée 2 à 3 m/m	id.	
7 Avril 1911. — N° 5 — 1	14	258 105			0 120	id. id.	id.	
2	15	257 930	258		0 175	id. id.	id.	
3	16	257 705			0 225	id. id.	id.	
4	17	257 580			0 125	id. id.	id	
5	18	257 550			0 030	Petit morceau très usé. Usure très accentuée 2 à 3 m/m	id.	
17 Avril 1911. — N° 6 — 1	1	257 365		0 185		Joint parfait	id.	
2	2	257 245		0 120		id.	id.	
3	19 — 3	256 400	257	0 845	1 670	Joint presque parfait	Calcaire toujours compact, un peu plus crayeux.	
4	4	256 070		0 330		id.	id.	
5	5	255 880	256	0 190		Légère usure 1 m/m	id.	
18 Avril 1911. — N° 7 — 6	1	255 750		0 130		Joint parfait	Calc. gris compact avec petites taches noires.	
1	2	255 210		0 540		id. — Carotte de 1m67 retirée en un seul morceau, cassée en la sortant de la bague.	id.	
2	3	254 230	255	0 980		id.	Calc. gris, petits délits indentés (stylolithes).	
3	4	254 080		0 150		id.	id. taches noires abondantes.	
4	5	253 715	254	0 365		id.	id. id.	
5	6	252 725	253	0 990		id.	id. id.	
6	7	252 470		0 255		id.	id. id.	
7	8	252 300		0 170		id.	id.	
8	20 — 9	252 100		0 200		id.	id.	
19 Avril 1911. — N° 8 — 1	10	251 575	252	0 525		id.	id.	
2	11	250 760	251	0 815		id.	Calcaire oolithique plus foncé, un peu plus marneux.	
3	12	250 445		0 315		id.	id. moins marneux.	
4	13	250 090		0 355		id.	id. id.	
				5 790		Voir page suivante		

Couche C

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes			
		250 090		5 790				
N°8 — 5	20 — 14	249 970	250	0 120	7 440	Joint parfait	Calcaire oolithique, moins marneux.	
19 Avril N°9 — 1	15	248 580	249	1 390		id. Grande carotte	Calcaire blanc gris oolithique.	
2	16	248 440		0 140		Joint usé — En 4 morceaux ficelés cassés par la bague. Le raccordement est toutefois possible	id.	
3	1	248 220		0 220		Joint parfait	id.	
20 Avril 1911. — N° 10 — 1	2	247 920	248	0 300		id.	id.	
2	3	247 510		0 410		id.	id.	un peu plus crayeux.
3	4	246 845	247	0 665		id.	id.	id.
4	5	246 755		0 090	3 220	id.	id.	id.
5	6	246 338		0 417		id.	id.	id.
6	7	246 070		0 268		id.	id.	id.
7	8	245 940	246	0 130		id.	id.	id.
8	9	245 540		0 400		id.	id.	id.
9	10	245 220		0 320		id.	id.	id.
10	22 — 1	245 025	245	0 195	0 260	Usure très prononcée 2 m/m	id.	id.
11	2	244 960		0 065		id. assez accentuée 1 m/m 1/2	id.	id.
12	23	244 785			0 175	Usure accentuée 2 m m	id.	id.
13	24	244 660			0 125	id. 2 m/m, joint horizontal	id.	id.
14	25	244 560			0 100	id. 2 m m	id.	id.
15	26	244 310			0 250	id. 2 m m	id.	id.
16	1	244 245		0 065		id. 2 m m	Calcaire oolithique traces verdâtres dans les délits.	
21 Avril 1911. — N° 11 — 1	2	244 075		0 170		Joint parfait	id.	
2	27 — 3	243 915	244	0 160	0 660	id.	id.	délit verdâtre à base de 27,3.
3	4	243 780		0 135		Joint presque parfait	id.	traces verdâtres.
4	5	243 650		0 130		id.	id.	
5	28	243 505			0 145	Usure accentuée 2 m m	id.	
6	29	243 340			0 165	Usure très accentuée — Carotte surmontée d'une série de morceaux fortement usés	id.	
7	30	243 145			0 195	Usure accentuée 2 m/m	id.	
						Usure très accentuée 3 m m		

Couches K, L, M.

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ATTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes			
		243 145						
8	31	243 020			0 125	Usure accentuée 2 m/m	Calcaire oolithique.	
9	32	242 890	243		0 130	id. 2 m/m	id.	
10	33	242 775			0 115	Usure très accentuée 5 m/m	Calcaire plus compact.	
11	34 (1)	242 615		0 160	0 245	Joint presque parfait	id.	
12	34 (2)	242 530		0 085		Usure très accentuée 3 m/m	id.	délits verdâtres.
13	35	242 445			0 085	Carotte surmontée d'un éclat	id.	
		242 400			0 045	Éclats très usés, non numérotés. Usure accentuée 2 m/m 1/2	id.	
14	36	242 280			0 120	id. 2 m/m 1/2	id.	
15	37	242 145			0 135	id. 2 m/m 1/2	id.	
16	38	241 995	242		0 150	id.	id.	sommet du 38 délit verdâtre.
		241 910			0 085	Morceaux très usés, non numérotés. id.	id.	qq. délits verdâtres.
17	39	241 840			0 070	id. 3 m/m	id.	
18	40	241 775			0 065	id. 3 m/m	id.	
19	41	241 705			0 070	id. 3 m/m	id.	
1	42 (1)	241 620		0 085	0 245	Joint presque parfait	id.	
2	42 (2)	241 460		0 160		Usure accentuée 2 m/m	id.	
3	43	241 235			0 225	Carotte surmontée d'un éclat. id. 2 m/m	id	
4	44	241 195			0 040	id. 2 m/m	id.	
5	45	241 058			0 137	id. 2 m/m	id.	
6	46	240 895	241		0 163	id. 2 m/m	Calcaire oolithique avec grains de glauconie.	
7	47	240 750			0 145	id. 2 m/m	Calcaire oolithique.	
8	48	240 660			0 090	id. 3 m/m	id.	
9	49	240 385			0 275	id. 2 m/m	Base du 49. Calc. oolith. bréchoïde.	
10	50	240 160			0 225	id. 2 m/m	Sommet du 50. id.	
11	51	239 900	240		0 260	id. 2 m/m	Calcaire jaunâtre oolithique.	
12	52	239 750			0 150	id. 2 m/m	id. gris jaune.	

21 Avril 1911. — N° 11

22 Avril 1911. — N° 12

N — O — P

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes			
		239 750						
1	53				0 140		Calc. roux oolith., délits marneux.	
		239 610						
2	54				0 095		— id. —	
		239 515						
3	55				0 135		Calcaire compact, jaune	
		239 380						
4	56				0 110			
		239 270						
5	57				0 115		Calcaires jaunes, bréchoïdes nombreux délits irréguliers.	
		239 155						
6	58				0 105		Calc. compact oolith. roux, traces de délits sableux au sommet.	
		239 050						
7	59		239		0 070		Cal. oolith. blanc, délits verdâtres.	
		238 980						
8	60				0 060		id.	un peu plus jaune.
		238 920						
9	61				0 140		id.	id.
		238 780						
10	62				0 090	Surmonté de petits morceaux	id.	plus roux.
		238 690						
11	63				0 060		id.	plus gris.
		238 630						
12	64				0 065		id.	plus jaune.
		238 565						
13	65				0 050		id.	id.
		238 515						
14	66				0 175		id.	id.
		238 340						
15	67				0 095		id.	plus blanc.
		238 245						
16	68				0 040		id.	id.
		238 205						
17	69				0 070	Plusieurs morceaux ficelés	id.	id.
		238 135						
18	70				0 090	2 morceaux	Beau calc. oolithique blanc.	
		238 045						
24 Avril 1911 (soir), N° 14 — 1	1		238	0 220		Joint parfait	id.	
		237 825						
24 Avril 1911 (soir), N° 14 — 2	2			0 675		Joint presque parfait	id.	
		237 150						
25 Avril 1911. — N° 15 — 1	3		237	0 310		id.	id.	
		236 840						
25 Avril 1911. — N° 15 — 2	4	71		0 615	2 995	id.	id.	
		236 225						
25 Avril 1911. — N° 15 — 3	5		236	0 285		Joint parfait	id.	
		235 940						
25 Avril 1911. — N° 15 — 4	6			0 735		Usure accentuée 3 m/m, joint se raccordant	id.	
		235 205						
25 Avril 1911. — N° 15 — 5	7			0 155		Usure très accentuée 5 m/m	id.	
		235 050						
6	72		235		0 160	id. 5 m/m	id.	
		234 890						
7	73				0 160	Usure très accentuée	id.	
		234 730						

24 Avril 1911 (matin). — N° 13

Ces 12 morceaux donnent 1 m 06 en les juxtaposant au lieu de 1 m 18, soit 0 m 12 de manquant uniquement dû à l'usure des morceaux ainsi qu'en témoigne le volume anormal des sédiments.
L'usure a été répartie sur les joints.

Usure totale de 0 m 06 répartie sur les joints.

P — Q — Couches R et S — Couche T — U

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes			
		234 730						
25 Avril 1911 (soir). — N° 16 — 1	74 — 1	234 545		0 185	0 380	Joint possible, Usure accentuée	Usure totale de 8 c/m répartie sur 20 joints	Beau calcaire oolithique blanc.
2	74 — 2	234 350		0 195		Usure très accentuée		id.
3	75	234 190			0 160	id.		Calc. oolith. jaune à grains noirs.
4	76 — 1	234 050		0 140	0 280	Usure accentuée. Joint possible		id.
5	76 — 2	233 910	234	0 140		Usure très accentuée		id.
6	77	233 660			0 250	id.		id.
7	78 — 1	233 545		0 115	0 180	Usure accentuée. Joint possible		Calc. oolithique plus jaune.
8	78 — 2	233 480		0 065		Usure très accentuée		id.
9	79	233 430			0 050	id.		id.
10	80	233 340			0 090	id.		id.
11	81	233 170			0 170	id. Joint horizontal		Glauconie à la base de la carotte.
12	82 — 1	232 970	233	0 200	0 275	Joint possible. Usure 2 m/m		Cal. oolithique roux, grains noirs.
13	82 — 2	232 895		0 075		Usure très accentuée		Calcaire oolithique jaune-roux.
14	83 — 1	232 790		0 105	0 225	Joint possible. Usure 2 m/m		id.
15	83 — 2	232 670		0 120		Usure très accentuée		id.
16	84 — 1	232 530		0 140	0 180	id. Joint possible		id.
17	84 — 2	232 490		0 040		id.		id.
18	85	232 395			0 095	id.		id.
19	86	232 315			0 080	id.		id. délits sableux au sommet et à la base du 86.
20	87	232 260			0 055	Carotte surmontée de qq. morceaux id.		id.
26 Avril 1911 (matin). — N° 17 — 1	88	232 200			0 060	Usure accentuée 2 m/m		id.
2	89	232 165			0 035	id.		id.
3	90	232 070			0 095	id. En 3 morceaux ficelés		Calcaire oolithique jaunâtre.
4	91	231 960	232		0 110	id. En 3 morceaux ficelés		Calcaire oolithique jaunâtre. Sédimentation irrégulière.
5	92	231 885			0 075	id.		id.
6	93 — 1	231 500		0 385	0 650	Cassure accidentelle faite pendant le transport Joint parfait		id. traces de fossiles.
7	93 — 2	231 235		0 265		Usure accentuée 2 m/m		id. id.

Sondage n° 2. — Parement aval, rive gauche

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes		
		231 235					
26 Avril. — N° 17 — 8	94		231		0 395	Usure accentuée 2 m/m	Calc. oolith. jaune. Sédimentation irrégulière. Fossiles. La robe devient sombre à la base du 94.
		230 840					
9	95				0 215	id. 2 m/m	Calc. oolith. gris marneux. Sédimentation irrégulière plus sableuse.
		230 625					
10	96 — 1			0 075		Cassure accidentelle faite pendant le transport	id.
		230 550					
11	96 — 2			0 150	0 325	Usure accentuée 3 m/m, joint possible	id.
	96 — 3	230 400		0 100		id. 3 m/m	Sédimentation foncée irrégulière.
		230 300					
26 Avril (soir). — N° 18 — 1							
2	97 — 1		230	0 515		id. 2 m/m, joint possible	id.
		229 785					
3	97 — 2			0 665	1 340	Joint parfait	id.
		229 120					
4	97 — 3		229	0 160		Usure accentuée 2 m/m	Roche un peu plus compacte.
		228 960					
27 Avril 1911. — N° 19 — 1	98 — 1			0 550		Légère usure 1 m/m	id.
		228 410			1 735	Grande carotte	
2	98 — 2		228	1 185		id. 1 m/m	id.
		227 225					
3	1		227	0 455		Joint parfait	id.
		226 770					
4	2			0 400		Joint presque parfait	id.
		226 370					
5	3			0 103		Légère usure 1/2 m/m	id.
		226 267					
6	99 — 4			0 121	1 410	id.	id.
		226 146					
7	5			0 104		id.	id.
		226 042					
8	6		226	0 118		id.	id.
		225 924					
9	7			0 109		Usure de 1 m/m	id.
		225 815					
10	100				0 115	id.	Roche foncée de calc. oolith. un peu plus sableux.
		225 700					
11	1			0 117		Légère usure 1/2 m/m	id.
		225 583					
12	2			0 111		id.	id.
		225 472					
13	3			0 112		id.	id.
	101	225 360			0 703		
14	4			0 128		id.	id.
		225 232					
15	5			0 129		id	id.
		225 103					
16	6		225	0 106		id.	id.
		224 997					
17	1			0 101		id.	id.
		224 896					
18	2			0 126		id.	id.
	102	224 770			0 462		
19	3			0 115		id.	id.
		224 655					
20	4			0 120		Usure de 1 m/m	id.
		224 535					

Couches W, W', X, X', Y,

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes			
		224 535						
27 Avril. — N° 19 — 21	103				0 105		Roche foncée de calcaire oolithique un peu plus sableux.	
		224 430				Usure 1 m/m		
22	104				0 110		id.	
		224 320				id.		
23	1			0 123			id.	
		224 197				id.		
24	105 2			0 115	0 360		id.	
		224 082				id.		
25	3		224	0 122			id.	
		223 960				Usure 2 m/m		
28 Avril. — N° 20 — 1	1			0 332			id.	
		223 628				Joint presque parfait		
2	2			0 556			Sédimentation plus calcaire marne, interoolithique moins abondante.	Y'
		223 072				Joint parfait		
3	3		223	1 317		Grande carotte	Calcaire marneux à sédimentation irrégulière à la base.	
		221 755				id.		
4	106 4		222	0 088	3 290			
		221 667				id.		
5	5			0 152			id. mais grain plus clair.	Y''
		221 515				id.		
6	6		221	0 785			id. , les 30 c^m sup. sont beaucoup plus clairs, toujours oolithiques.	
		220 730				id.		
29 Avril 1911. — N° 21 — 1	7			0 060			Calc. oolithique, foncé, marneux.	Z'
		220 670				Joint imparfait. Usure 2 m/m		
2	107				0 135		id.	
		220 535				Joint très usé 5 m/m		
3	1			0 190			id.	
		220 345				Joint parfait		
4	2			0 110			id. délit irrégulier au milieu de la carotte.	
		220 235				id.		
5	3			0 105			id.	
		220 130				id.		
6	4			0 070			id.	
		220 060				id.		
7	5		220	0 140			id.	
		219 920				id.		
8	6			0 145			id.	
		219 775				id.		
9	7			0 120			id.	
	108	219 655			1 895	id.		
10	8			0 208			id.	
		219 447				id.		
11	9			0 152			id.	
		219 295				id.		
12	10			0 220		6 cylindres se raccordant parfaitement	id. nombreux délits.	
		219 075				id.		
13	11		219	0 205			id. partie plus calcaire.	
		218 870				id.		
14	12			0 100			id.	
		218 770				id.		
15	13			0 080			id.	
		218 690				id.		
16	14			0 050		3 éclats	id.	
		218 640				Usure accentuée		

Couches Z et Z'

Sondage n° 2. — Parement aval, rive gauche

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes		
		218 640					
				0 030		Non numérotés — Eclats ayant tourné sur la carotte suivante en produisant une usure concentrique considérable.	Calcaire oolith. foncé ; région plus arénacée.
		218 610			0 205		
29 Avril — N° 21 — 17	109			0 175			id. id.
		218 435				Usure très accentuée 6 m/m	
18	1			0 135			id. id.
		218 300				Joint parfait	
1er Mai 1911 N° 22 — 1	2		218	0 765			id. région plus bréchoïde.
	110	217 535			1 515	id.	
2	3		217	0 555			id. id.
		216 980				Joint presque parfait	
1er Mai (soir) et 2 Mai 1911. — N° 23 — 1	4			0 060		En 3 morceaux ficelés se raccordant parfaitement	id. plus arénacée.
		216 920				Usure accentuée 2 m/m	
2	1			0 160			id. id.
	111	216 760			0 300	Légère usure 1 m/m	
3	2			0 140			id. id.
		216 620				Usure très accentuée 5 m/m	
4	1						Calcaire oolith. foncé ; apparition de grains plus clairs.
	112				0 315	Cassure accidentelle, joint très oblique	
5	2						id. id.
		216 305				Usure accentuée 3 m/m	
6	113				0 205		Sédimentation plus claire, plus calcaire à 216 22.
		216 100				Usure très accentuée 6 m/m	
7	114		216		0 610		id.
		215 490				Usure 2 m/m	
8	115				0 110	Eclats sous la calotte.	
		215 380					

Z — Z'

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes			
		265 800				Fond de l'avant-puits de 4m35		
					0 230	Débris		
		265 570						
1	1				0 130	2 morceaux très usés	Calcaire oolithique blanc compact.	
		265 440						
2	2				0 110	1 morceau très usé	id.	
		265 330						
3	3		265		0 610	5 morceaux se raccordant parfaitement	id.	
		264 720				Usure très accentuée 5 m/m		
4	1			0 140			id.	
		264 580				Joint parfait		
5	1'			0 120			id. fossiles.	
		264 460				id.		
6	2			0 200	0 825		id.	
		264 260				id.		
7	3			0 140			id.	
		264 120				id.		
8	4		264	0 225			id.	
		263 895				Joint très incliné. Usure très accentuée 5 m/m		
9	5				0 100		id. au pied du 5, délit verdâtre.	
		263 795				Usure accentuée 3 m/m		
10	6				0 055		Calcaire oolithique blanc compact.	
		263 740						
					0 020	Manquant de 2 c/m		
		263 720						
11	7				0 050		id. haut et bas du 7, délits verdâtres.	
		263 670				Usure très accentuée 4 m/m		
12	1			0 350			Calcaire plus gris compact.	
	2	263 320			0 900	Joint parfait		
1			263	0 350			id. redevenant blanc vers la base de la carotte.	
		262 770				Joint imparfait. Usure 3 m/m		
2	9				0 445	En 18 morceaux très usés	Calcaire oolithique fossilifère.	
		262 325				Usure très accentuée 5 m/m		
3	10				0 100	En 2 morceaux	id.	
		262 225				Usure très accentuée 5 m/m		
4	1			0 185			Calcaire très blanc.	
		262 040				Joint parfait très incliné		
5	2		262	0 290		En 5 morceaux se joignant parfaitement	id. stylolithes à la base.	
	11	261 750			1 015	Joint parfait		
6	3			0 430		En 5 morceaux id.	id. id.	
		261 320				id.		
7	4			0 110			Calcaire gris compact.	
		261 210				Usure très accentuée		
1	12		261		0 300		Calcaire oolithique gris, délits irréguliers.	
		260 910						
2	13		260		1 025	Poche marneuse et marno-calcaire	Poche argileuse avec fragments calcaires disséminés, un peu gréseuse au sommet.	
		259 885						
3	14				0 135		Calcaire gris.	
		259 750				Usure accentuée 3 m/m		
1	1			0 165			Calcaire gris compact, injections glauconitiques.	
		259 585				Joint parfait		
2	2		259	0 850			id. id.	
	15	258 735			1 420	Joint presque parfait, usure 1 m/m		
3	3			0 260			Calcaire oolithique plus crayeux.	
		258 475				Usure 3 m/m rapprochement possible		
1	4			0 145			id.	
		258 330				id. 3 m/m		

29-30-31 Mai 1911. — N° 1

1er Juin 1911. — N° 2

2 Juin. N° 3 et 4

3 Juin. — N° 5

N° 6

Bancs supérieurs à A

Couches A, A', B, B'

C

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes		
		258 330					
2	16	258 240			0 090	En 2 morceaux Usure accentuée 3 m/m	Calcaire oolithique plus crayeux.
3	17	258 090			0 150	id. 4 m/m	id.
4	18	257 900	258		0 190	id. 3 m/m	id.
5	19	257 715			0 185	id. 3 m/m	id.
6	20 (1)	257 560		0 155	0 305	Joint parfait	id.
7	20 (2)	257 410		0 150		Usure accentuée 4 m/m	id.
8	21	257 320			0 090	id. 3 m/m	id.
9	22	257 125			0 195	id. 4 m/m	id.
10	23	256 840	257		0 285	id. 3 m/m	id. délits verdâtres.
11	24	256 580			0 260	id. 2 m/m	Calcaire blanc crayeux oolithique.
12	25	256 545			0 035	id. 2 m/m	id.
13	26	256 370			0 175	id. 3 m/m	id.
14	27	256 140			0 230	id. 3 m/m	id.
15	28	256 035			0 105	id. 3 m/m	id.
16	29 (1)	255 550	256	0 485	0 625	Usure 1 m/m	id.
17	29 (2)	255 410		0 140		Usure accentuée 3 m/m	id.
18	30	255 265			0 145	id. 4 m/m	id.
19	31	255 005			0 260	id. 4 m/m	id.
20	32	254 750	255		0 255	id. 3 m/m	id.
21	33	254 580			0 170	id. 3 m/m	id.
22	34	254 330			0 250	id. 4 m/m	id.
23	35 (1)	254 130		0 200	0 575	Joint presque parfait	id.
24	35 (2)	253 755	254	0 375		Usure accentuée 5 m/m	id.
25	36	253 580			0 175	id. 5 m/m	id.
26	37	253 335			0 245	id. 5 m/m	id.
27	38	253 180			0 155	id. 3 m/m	id.
28	39	253 015			0 165	id. 3 m/m	id.

3 et 6 Juin 1911. — N° 6

Caisse N° 7. — Petits grains de silice.

Couche C

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro		NUMÉROTATION DÉFINITIVE		ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes			
				253 015						
7 Juin. N° 7	1		1	252 680	253	0 335		Joint parfait	petits grains de silice	Calcaire blanc crayeux oolithique.
	2	40	2	252 425		0 255	0 940	id.		id. devient plus jaune.
	3		3	252 075		0 350		Usure 2 m/m		id. qq. délits irréguliers.
16 Juin. — N° 8	1		1	251 450	252	0 625		Joint parfait	rien d'anormal	id. id.
	2		2	250 595	251	0 855		Joint presque parfait, usure 1 m/m		id. devient moins crayeux.
	3		3	250 223		0 372		id. usure 2 m/m		id.
	4		4	250 020		0 203		Joint parfait		id.
16 Juin. N° 9	1		5	249 540	250	0 480		id.	quelques grains étrangers	id.
	2	41	6	249 265		0 275	5 455	id.		id.
	3		7	249 110		0 155		id.		id.
28 Juin 1911. — N° 10	1		8	248 260	249	0 850		id.		id.
	2		9	247 625	248	0 635		id.		id.
	3		10	246 800	247	0 825		id.	rien d'anormal	id.
	4		11	246 620		0 180		Usure 2 m/m		id.
	5	42		246 260			0 360	Usure 1 m/m		id.
	6		1	246 140		0 120		Joint presque parfait		id.
	7	43	2	245 920	246	0 220	0 445	id.		id.
			3			0 105				
29 Juin 1911. — N° 11	1			245 815				Usure accentuée 4 m/m		id. délits verdâtres.
	2	44		245 720			0 095	id. 4 m/m		id. id.
	3	45		245 425			0 295	id. 3 m/m		id. id.
	4	46		245 360			0 065	id. 3 m/m		id. id.
	5	47		245 235			0 125	id. 3 m/m		id. id.
	6	48		244 965	245		0 270	id. 4 m/m		id. id.
	7	49		244 695			0 270	id. 4 m/m		id. id.
	8	50		244 530			0 165	id. 4 m/m		id. id.
	9	51		244 345			0 185	id. 4 m/m		id. id.

Couche C — Couches K, L, M,

Sondage n° 3. — Parement amont, rive gauche

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes			
		244 345						
29 Juin 1911. — N° 11 — 10	1	243 760	244	0 585		Joint parfait	rien d'anormal	Calcaire oolithique blanc crayeux ; délits verdâtres particuliers irréguliers.
11	2	243 490		0 270		Joint presque parfait, usure 1 m/m		id. id.
12	3	243 275		0 215	1 280	Joint parfait		id. id.
13	4	243 220		0 055		id.		id. id.
14	5	243 090		0 130		Joint presque parfait		Calc. blanc jaunâtre avec délits verdâtres.
15	6	243 065		0 025		Usure accentuée 3 m/m		id.
16	53	242 935	243		0 130	Usure 2 m/m		id.
17	54	242 810			0 125	Usure très accentuée 5 m/m		id.
30 Juin 1911. — N° 12 — 1	55	242 680			0 130	id. 5 m/m		id.
2	56	242 560			0 120	Usure accentuée 3 m/m	un peu de silice	id.
3	57	242 510			0 050	id. 3 m/m		id.
4	58	242 460			0 050	Usure 2 m/m		id.
5	59	242 295			0 165	Usure accentuée 4 m/m		id.
6	60	242 125			0 170	Usure très accentuée 5 m/m		id. apparition de grains verts.
7	61	241 850	242		0 275	Usure accentuée 3 m/m	quelques grains étrangers	Calc. oolithique blanc ou jaunâtre avec fréquents grains de glauconie.
8	1	241 710		0 140		Joint parfait		id.
9	62 — 2	241 510		0 200	0 530	Joint imparfait		id.
10	3	241 320		0 190		Usure accentuée 3 m/m		id.
11	63	241 060			0 260	id. 3 m/m		Calcaire oolithique bréchoïde.
12	1	240 975	241	0 085		Joint parfait		id.
1er Juillet 1911. — N° 13 — 1	2	240 715		0 260	0 630	id.		Calcaire oolithique roux.
2	64 — 3	240 480		0 235		id.	rien d'anormal	id. délits sablonneux.
3	4	240 430		0 050		Usure accentuée 3 m/m		id. id.
4	1	240 350		0 080		Joint parfait		Calcaire oolithique roux.
5	2	240 310		0 040	0 300	id.		id.
6	65 — 3	240 180		0 130		id.		id.
7	4	240 130		0 050		Usure accentuée 3 m/m		devient bréchoïde.

Couches K, L, M, — Couche N — Couches O, P, Q,

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des carottes	HAUTEUR des morceaux			
		240 130						
1er Juillet 1911 (matin). — N° 13 — 8	1	240 055		0 075		Joint parfait		Calcaire oolithique roux, devient bréchoïde.
9	2			0 055				id. id.
66		240 000	240		0 270	— id. — 6 éclats		
10	3	239 915		0 085		Joint presque parfait		Calcaire oolithique compact roux.
11	4			0 055				id.
		239 860				Usure très accentuée 10 m/m		
12	67				0 080			id.
		239 780				— id. — 10 m/m Morceau difforme		
13	68				0 140			id. délits irréguliers.
		239 640				— id. — 10 m/m Morceau difforme		
14	69				0 095			id.
		239 545				— id. — 10 m/m En 2 morceaux		
1er Juillet (soir). — N° 14 — 1	70	239 345			0 200	Usure accentuée 4 m/m		Calcaire oolithique bréchoïde.
2	1	239 200		0 145		Joint parfait		id.
3	2		239	0 220				Calcaire blanc très brechoïde, sédiments de calcaire jaunâtre, délits nombreux.
71		238 980			0 765	— id. —		
4	3	238 735		0 245		238 860		Calcaire jaunâtre compact.
5	4			0 155		— id. —	rien d'anormal	id. plus crayeux.
		238 580				Usure accentuée 5 m/m		
6	72				0 115			id. devient plus blanc.
		238 465				— id. — 5 m/m		
7	73				0 105			id. id.
		238 360				— id. — 5 m/m		
3 Juillet (matin). — N° 16 — 1	74				0 130			id. id.
		238 230				— id. — 5 m/m		
2	1	237 785	238	0 445		Joint parfait		id. parties à délits irréguliers.
3	2			0 465				id. id.
75		237 320			1 335	— id. —		
4	3	237 050		0 270		Joint presque parfait		Calcaire oolithique blanc-jaunâtre.
5	4		237	0 155				id.
		236 895				Usure 2 m/m		
6	1	236 825		0 070		Joint passable, usure 1 m/m		id.
1	2			0 305				id.
		236 520				Joint parfait		
2	76 3			0 260	0 920			id.
		236 260				— id. —		
3	4			0 215				id. un peu crayeux.
		236 045				Joint presque parfait		
4	5		236	0 070				id. id.
		235 975				Usure accentuée 3 m/m		
5	1			0 150				id. id.
77		235 825			0 240	Legère usure 1 m/m		
6	2			0 090				id. id.
		235 735				Usure accentuée 3 m/m		
7	78				0 090			id. id.
		235 645				— id. — 3 m/m		

Couches R, S,

Couches T, U,

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes			
		235 645						
3 Juillet (soir) N° 16 — 8	79	235 515			0 130	Usure accentuée 3 m/m	rien d'anormal	Calcaire oolithique blanc-jaunâtre, un peu crayeux.
9	80	235 400			0 115	id. 3 m/m		id.
4 Juillet (matin). — N° 17 — 1	81	235 025			0 375	id. 3 m/m		id. devient plus roux.
2	82 (1)	234 720	235	0 305	0 380	Légère usure 1 m/m, joint possible	sédimentation	Calcaire oolithique jaune à petits grains noirs (abondants au bas de 82 1).
3	82 (2)	234 645		0 075		Usure accentuée 2 m/m		id.
4	83 (1)	234 575		0 070	0 185	Joint très imparfait, usure 1 m/m		id
5	83 (2)	234 460		0 115		Usure 2 m/m		id.
6	84	234 265			0 195	Usure 2 m/m		id.
7	85	234 070			0 195	Usure 2 m/m		id.
8	86	233 830	234		0 240	Usure 2 m/m		id. Sur 0m 10 à la base de la carotte 86, grains de glauconie de la couche V'.
9	87 (1)	233 483		0 347	0 690	Joint parfait	grise	Calc. roux compact à grains noirs.
4 Juillet (soir). — N° 18 — 1	87 (2)	233 140		0 343		Usure 2 m/m		Calc. oolith. roux, à la base délits arénacés foncés.
2	88	232 920	233		0 220	Usure accentuée 3 m/m		Calcaire moucheté de noir.
3	89	232 860			0 060	id. 3 m/m		id.
4	90	231 985	232		0 875	Usure 2 m/m		Au sommet : calc. oolith. roux sur 0m 18, à 232 68 début sédimentation grise.
5	91 (1)	231 750		0 235	0 470	Joint possible, usure 1 m/m		Calcaire gris-foncé oolithique.
6	91 (2)	231 515		0 235		Usure 2 m/m		Région bréchoïde arénacée.
7	92	231 250			0 265	Usure 3 m/m		id.
8	93	231 100			0 150	Usure très accentuée 5 m/m		id.
9	94	230 975	231		0 125	Usure 3 m/m		Calc. gris-foncé
5 Juillet (matin). N° 19 — 1	(1)	230 612		0 363		Joint parfait	rien d'anormal	id. sédimentation irrégulière.
2	(2) 95	229 797	230	0 815	1 275	id.		Sommet de la carotte plus jaune ; le reste, brechoïde gris.
3	(3)	229 748		0 049		id.		Calcaire gris-foncé
4	(4)	229 700		0 048		Usure accentuée 3 m/m		id.
5	96	229 510			0 190	id. 3 m/m		id. délits sableux.
5 Juillet (soir) N° 20 — 1	97	229 400			0 110	id. 3 m/m		id. partie plus compacte.
2	98	228 945	229		0 455	Usure 2 m/m		Sédimentation grise bréchoïde.

— T, U, — Couches V et V — Couches de W à Y'

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes				
		228 945							
5 Juillet (soir). — N° 20 — 3	99 — 1	228 405		0 540	0 885	Usure 1 m/m, joint possible		Sédimentation grise bréchoïde.	Couches de W à Y'
4	2	228 060		0 345		Usure 2 m/m		Plus compact.	
5	100 — 1	227 630	228	0 430	0 505	Joint parfait		Plus compact pour le haut de la carotte, bréchoïde à la base.	
6	2	227 355		0 075		Usure 2 m/m		id.	
6 Juillet (m.). — N° 21 — 1	1	226 975	227	0 580		Cassure accidentelle très nette		Très bréchoïde.	
2	1'	226 675		0 300		Joint parfait		id.	
3	2	226 085		0 590	2 780	id.		id.	
4	101 — 3	225 870	226	0 215		id.		id.	
6 Juillet (soir). — N° 22 — 1	4	225 115		0 755		id.		id.	
2	5	224 775	225	0 340		id.		id.	
3	1	224 300		0 475	0 815	Usure légère 1 m/m		id.	
4	102 — 2	223 960	224	0 340		Joint parfait		id.	
5	1	223 575		0 385		Légère usure 1 m/m		Haut de la carotte plus compact.	
22 Juillet. N° 23 — 1	2	223 040		0 535		Joint parfait		Plus compact.	
2	3	222 235	223	0 805		id. un éclat	rien d'anormal	id.	
3	4	221 863	222	0 372		id.		Sédimentation plus jaune, plus claire et plus compacte.	Couches de Y'' à Z
4	5	221 730		0 133		id.		id. La sédimentation grise réapparaît.	
24 Juillet 1911 (matin). — N° 24 — 1	6	221 265		0 465	3 475	id.		Calc. gris, sableux à la base.	
2	103 — 7	221 196		0 069		id.		Plus calcaire.	
3	8	221 174		0 022		id. un éclat		id.	
4	9	221 140		0 034		id.		id.	
5	10	221 042		0 098		id.		id.	
6	11	220 637	221	0 405		id.		id.	
7	12	220 485		0 152		Usure 2 m/m		Base plus bréchoïde.	
8	1	220 375		0 110		Joint parfait		Calcaire gris foncé.	
24 Juillet (s.). N° 25 — 1	2	220 345		0 030	0 508	id.		id.	
2	104 — 3	220 222		0 123		id.		id.	
3	4	219 977	220	0 245		Joint imparfait, très légère usure 1/4 m/m.		id.	

Sondage n° 3. — Parement amont, rive gauche

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro		NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes					
			219 977								
24 Juillet (soir). — N° 25	4	105	219 845			0 132	Joint imparfait, usure très légère 1/4 m/m			Calcaire gris-foncé	
	5	106	219 770			0 075	id.	— id. —	1/4 m/m	id.	
	6	107	219 750			0 020	id.	— id. —	1/4 m/m	id.	
	7	108	219 395			0 355	id.	— id. —	1/4 m/m	id.	
	8	109	219 190			0 205	id.			id.	
25 Juillet. — N° 26	1	110 1	218 920	219	0 270		Joint parfait			id.	devient bréchoïde.
	2	110 2	218 450		0 470	0 775	id.			id.	id.
	3	110 3	218 415		0 035		Usure 3 m/m			id.	id.
	4	111	218 395			0 020	En 2 morceaux			id.	id.

rien d'anormal

Couches de Y' à Z

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes			
		264 710						
					0 260	Débris superficiels, béton		
		264 450						
19 et 20 août 1911. — N° 1 — 1	1 et 2				0 340	Morceaux très usés arrondis		
2		264 110						
3	3 — 1			0 095			Toit de A : 264 20 Calcaire blanc compact	
4	3 — 2	264 015	264	0 165	0 260	Joint parfait	id.	
		263 850				Usure très accentuée 5 m/m		
5	4 — 1			0 140			id.	
6	4 — 2	263 710		0 080	0 220	Joint presque parfait, très incliné	id.	
		263 630				Usure très accentuée 5 m/m		
7	5 — 1			0 150			id.	
8	5 — 2	263 480		0 070	0 220	Joint presque parfait	id.	
		263 410				Usure très accentuée 5 m/m		
1	6 — 1			0 130			id.	
2	6 — 2	263 280		0 115	0 245	Joint presque parfait	id.	
		263 165						
			263		0 385	Intervalle de 0 385 Les morceaux recueillis sont très usés et arrondis Beaucoup n'ont pas été recueillis Aucun choc n'a été ressenti	id.	
		262 780						
3	7				0 055		id.	
4	8	262 725				Usure très prononcée		
					0 170	En 4 morceaux très usés et arrondis	id.	
5	9	262 555				Usure très prononcée		
					0 107		id.	plus oolithique.
6	10	262 (453 / 443)				id. 1 c/m		
					0 213		id.	
7	11	262 (240 / 230)				id. 1 c/m		
					0 100		id.	
8	12	262 (140 / 130)				id. 1 c/m		
					0 075		id.	
9	13	262 (065 / 055)	262			id. 1 c/m		
					0 075		id.	
		261 985				Usure très prononcée		
10	14				0 240	En 8 morceaux très usés, arrondis	id.	
		261 745				Usure très prononcée		
11	15				0 155		id.	
		261 (595 / 585)				Usure très prononcée 1 c/m		
12	16				0 070	En 2 morceaux	id.	
		261 (525 / 515)				Usure très prononcée 1 c/m		
13	17				0 100		id.	
		261 (425 / 415)				id. 1 c/m		
14	1			0 185			id.	
		261 235				Joint parfait		
15	2			0 165			id.	
		261 070				id.		
16	3		261	0 110			id.	
		260 960				id.		
22 Août (matin) N° 3 — 1	4			0 775			Calc. plus gris, toujours compact.	
		260 185				id.		
2	5		260	0 320			id.	
		259 865				id.		
				1 555				

Ensemble des couches A, A', B, B'

Sondage n° 4. — Parement aval, rive droite

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes		
		259 865		1 555			
22 Août (m.) N° 3 — 3	18 — 6	259 595		0 270			Calcaire plus gris, toujours compact ; petits grains noirs.
1	7	258 930	259	0 665	3 090	Joint parfait	id. mais blanc à la base.
22 Août (soir) N° 4 — 2	8	258 330		0 600		id.	Calc. compact blanc
3	19	258 010			0 320	Joint impossible Brisée en un grand nombre de morceaux en les dégageant de la bague	id. plus crayeux.
1	1	257 625	258	0 385	0 640	Usure 1 m/m, rapprochement possible	Calc. blanc oolithique
28 Août (m.). N° 5 — 2	20 — 2	257 370		0 255		Usure très accentuée 5 m/m	id. un peu plus crayeux.
3	21	257 045			0 325	id. 5 m/m	id. id.
4	22	256 745	257		0 300	Légère usure 1 m/m	id. id.
23 Août (s.). N° 6 — 1	1	255 800	256	0 945		Joint parfait, cassure accidentelle pendant le transport	id. un peu plus gris.
1bis	2	255 280		0 520	3 280	Joint parfait	id. id.
24 Août 1911 (mat.) — N° 7 — 1	3	254 690	255	0 590		id.	id. plus clair.
2	4	253 465	254	1 225		Usure très accentuée 5 m/m	id.
3	24	253 420			0 045	morceau très usé	id.
4	25	253 185			0 235	Usure très accentuée 5 m/m	id.
5	26	252 935	253		0 250	id. 5 m/m	id.
6	27	252 840/820			0 095	id. 5 m/m	id.
24 Août (s.). N° 8 — 1			252		0 020	Usure très prononcée 2 m/m Le morceau s'est coincé dans la couronne et a arrêté l'enfoncement en produisant une usure anormale	
	1	251 855		0 965		Joint parfait	Calc. oolithique jaunâtre.
25 Août (matin) N° 9 — 1	2	250 930	251	0 925		id.	id.
2	28 — 3	250 250		0 680	2 865	id.	id.
3	4	250 045		0 205		id.	id.
25 Août (soir). — N° 10 — 1	5	249 955	250	0 090		id.	id.
2	29	249 640			0 315	Usure 2 m/m	id.
3	30	249 125			0 515	Usure 2 m/m	id. zone plus crayeuse.
4	31	248 940	249		0 185	Usure 2 m/m	id. id.
5	32	248 590			0 350	Usure accentuée 3 m/m conique	id. id.
6	33	248 370			0 220	Usure 2 m/m	id. id.

Couche C

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes			
		248 370						
26 Août 1911 (matin) N° 11 — 1	1	247 875	248	0 495		Joint parfait	Calcaire oolithique jaunâtre ; zone plus crayeuse.	
26 Août 1911 (matin) N° 11 — 2	2	247 420		0 455	3 000	id.	id.	plus compact, délits verdâtres.
26 Août 1911 (matin) N° 11 — 3	34 — 3	246 770	247	0 650		id.	id.	id.
22 Août (s.). N° 12 — 1	4	245 370	246	1 400		Usure 2 m/m	id.	id.
22 Août (s.). N° 12 — 2	1	245 135		0 235		Joint presque parfait	Calcaire oolithique jaunâtre.	
28 Août 1911. — N° 13 — 1	2	245 042		0 093	0 665	id.	id.	plus crayeux.
2	35 — 3	245 017		0 025		id.	id.	id.
3	4	244 705	245	0 312		Usure 2 m/m	id.	délits verdâtres.
4	36	244 580			0 125	Usure 2 m/m	id.	id.
5	37	244 380			0 200	Usure 2 m/m	Calc. oolith. blanc-jaunâtre crayeux.	
6	1	244 115		0 265		Joint presque parfait	id.	
7	2	244 090		0 025	0 590	id.	id.	
8	38 — 3	243 920	244	0 170		id.	id.	
9	4	243 790		0 130		Joint possible, usure très légère	id.	
10	1	243 580		0 210	0 315	Joint presque parfait	id.	
11	39 — 2	243 475		0 105		Usure 2 m/m	id.	
12	40	243 390			0 085	En 2 morceaux ficelés Usure accentuée 3 m/m, conique	id.	
13	41	243 190			0 200	Usure 2 m/m	id.	
14	42	242 940	243		0 250	Usure légère 1 m/m	id.	
15	43	242 825			0 115	id. 1 m/m	id.	
16	44	242 565			0 260	id. 1 m/m	id.	
17	45	242 405			0 160	id. 1 m/m	id.	
18	46	242 315			0 090	id. 1 m/m	id.	
19	47	242 255			0 060	id. 1 m/m	id.	
29 Août. N° 14 — 1	48	242 170			0 085	id. 1 m/m	id.	délits verdâtres irreguliers.
29 Août. N° 14 — 2	49	241 990	242		0 180	Usure très accentuée 5 m/m	id.	id.
29 Août. N° 14 — 3	50	241 915			0 075	En 3 morceaux Usure très accentuée 5 m/m	id.	id.

Ensemble des couches K, L, M

Sondage n° 4. — Parement aval, rive droite

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ATTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes			
		241 915						
29 Août 1911. — N° 14 — 4	51	241 800			0 115	Usure très accentuée 5 m/m	Calcaire oolithique blanc-jaunâtre crayeux, délits verdâtres irréguliers.	
5	52				0 075	Morceau très usé	Calc. oolit. compact avec grains de glauconie.	
		241 725				Usure très accentuée		
6	53				0 050	Morceau très usé, arrondi	id.	
		241 675				Usure 2 m/m		
7	54				0 100		id.	
		241 575				Usure 2 m/m		
8	55				0 140		id.	glauconie fréquente.
		241 435				Usure 2 m/m		
9	56				0 085		id.	
		241 350				Légère usure 1 m/m		
10	57		241		0 480		Calc. oolith. jaunâtre à glauconie, bréchoïde.	
		240 870				id. 1 m/m		
11	58 — 1			0 240			id.	
		240 630			0 510	Joint presque parfait		
12	2			0 270			id.	bréchoïde.
		240 360				Légère usure 1 m/m		
13	59				0 160		Calcaire oolithique roux, délits irréguliers.	
		240 200				id. 1 m/m		
14	60		240		0 240		id.	bréchoïde.
		239 960				id. 1 m/m		
15	61				0 160		id.	id. base compacte.
		239 800				id. 1 m/m		
30 Août 1911 (matin). — N° 15 — 1	1			0 240			Calc. oolith. roux.	
		239 560				Joint presque parfait		
2	62 — 2			0 225	0 490		id.	
		239 335				Joint parfait		
3	3			0 025			id.	
		239 310				Très légère usure		
4	63				0 070		id.	
		239 240				Légère usure 1 m/m		
5	64				0 130		id.	bréchoïde.
		239 110				id. 1 m/m		
6	65				0 080		id.	id.
		239 030				id. 1 m/m		
7	66		239		0 150		id.	id.
		238 880				Usure 2 m/m		
8	67				0 035		id.	id.
		238 845				Usure 2 m/m		
9	68				0 125		id.	id.
		238 720				Usure 2 m/m		
10	69				0 050	En 2 morceaux	id.	id.
		238 670				Usure 2 m/m		
11	70				0 175		id.	id.
		238 495				Usure 2 m/m		
12	71				0 115		Calcaire oolithique jaunâtre, bréchoïde.	
		238 380				Usure 2 m/m		
13	72				0 090		id.	plus compact.
		238 290				Usure 2 m/m		
14	73				0 225		id.	devient plus clair et plus crayeux.
		238 065				Usure 2 m/m		

Ensemble des couches N, O, P, Q, R, S

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes			
		238 065						
30 Août 1911 (soir). — N°16 — 1	1	237 975	238	0 090		En 2 morceaux Légère usure 1 m/m, joint possible	Calcaire oolithique jaunâtre plus clair et plus crayeux.	
2	74 — 2	237 570		0 405	0 655	Joint possible	id.	id.
3	3	237 410		0 160		Usure accentuée 3 m/m	id.	id.
4	75	237 260			0 150	id. 3 m/m	id.	id.
5	76	237 000	237		0 260	id. 3 m/m	id.	délits irréguliers.
6	77	236 760			0 240	id. 3 m/m	id.	id.
31 Août 1911 (matin). — N° 17 — 1	1	236 405		0 355		Joint parfait	id.	bréchoïde à la base avec délits verdâtres.
2	78 — 2	236 075		0 330	1 095	Légère usure 1 m/m, joint possible	id.	plus compact, toujours délits verdâtres.
3	3	235 835	236	0 240		id. id	id.	crayeux.
4	4	235 665		0 170		Usure accentuée 3 m/m	id.	id.
5	79	235 570			0 095	Usure 1 m/m 1/2	id.	id.
6	80	235 430			0 140	Usure 1 m/m 1/2	id.	id.
7	81	235 345			0 085	Usure 2 m/m	id.	id.
8	82	235 190			0 155	Usure accentuée 3 m/m	id.	id.
9	83	235 100			0 090	id. 3 m/m	id.	id.
10	84	234 980	235		0 120	En 2 morceaux id. 3 m/m	id.	plus compact.
31 Août 1911 (soir). — N° 18 — 1	85	234 835			0 145	id. 3 m/m	id.	id.
2	86	234 650			0 185	id. 3 m/m	id.	id. plus roux.
3	87	234 620			0 030	En 2 morceaux très usés et arrondis id. 3 m/m	id.	id.
4	88	234 535			0 085	Usure 2 m/m, joint incliné	Calc. oolith. jaune à petits grains noirs.	
5	89	234 450			0 085	Usure accentuée 3 m/m	id.	id.
6	90	234 240			0 210	id. 3 m/m	id.	grains noirs abondants.
7	91	234 200			0 040	id. 3 m/m	id.	id.
8	92	234 120			0 080	Usure 2 m/m	id.	devient plus clair.
9	93	234 055			0 065	Usure 2 m/m	id.	id.
10	94	234 000	234		0 055	Usure 2 m/m	id.	id.
11	95	233 892			0 108	Usure 2 m/m	id.	id.

Couches T, U

Couche V

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes			
		233 892						
31 Août (s.). N° 18 — 12	96				0 107		Calcaire oolithique jaune, devient plus clair.	
		233 785				Usure 2 m/m		
13	97				0 095		id.	id.
		233 690				Usure 2 m/m		
14	98				0 070		id.	délits verdâtres.
		233 620				Usure 2 m/m		
15	99				0 190		Grains de glauconie abondants dans le bas de la carotte.	
		233 430				Débris manquants 3 m/m		
1er Septembre (matin). — N° 19 — 1	100 (1)	233 205		0 225	0 360	Joint presque parfait, très légère usure	Calc. oolith. roux, encore grains de glauconie.	
2	100 (2)	233 070		0 135		Usure 2 m/m	id.	nombreux grains noirs.
3	101	232 850	233		0,220	Usure 2 m/m	id.	grains noirs plus rares, fissures verticales.
4	102 (1)	232 750		0 100	0 300	Joint parfait, cassure accidentelle (Surmonte de 2 eclats)	Calc. oolith. plus gris, délits argileux à la base et au sommet.	
5	102 (2)	232 550		0 200		Usure 2 m/m	id.	à la base, début de la sédimentation grise.
6	103 (1)	232 475		0 075		Joint parfait, cassure accidentelle	Cal. oolith. gris, sédimentation hauterivienne.	
7	103 (2)	232 410		0 065	0 260	Joint presque parfait	id.	
8	103 (3)	232 290		0 120		Usure 2 m/m	id.	
9	104	232 040			0 250	Usure accentuée 3 m/m	id.	
10	105	231 710	232		0 330	id. 3 m/m	id.	
11	106	231 385			0 325	id. 3 m/m	id.	
1er Septembre 1911 (soir). — N° 20 — 1	107	231 050			0 335	Légère usure 1 m/m	id.	plus bréchoïde.
2	108	230 940	231		0 110	Usure 2 m/m	id.	id.
3	109	230 845			0 095	Usure 2 m/m	id.	id.
4	110	230 795			0 050	Usure accentuée 3 m/m	id.	id.
5	111	230 670			0 125	Usure 2 m/m	id.	id.
6	112	230 530			0 140	Usure 2 m/m	id.	id.
7	113	230 270			0 260	Usure 2 m/m	id.	très bréchoïde.
8	114	230 110			0 160	Usure 2 m/m	id.	id.
9	115	230 065			0 045	Usure 2 m/m	id.	id.
10	116	229 660	230		0 405	Usure 2 m/m	id.	
11	117	229 460			0 200	Usure 2 m/m	id.	plus compact.
12	118 (1)	229 285		0 175		Joint parfait	id.	id.

Ensemble des couches W, W', W'', Y, Y'

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes			
	118	229 285			0 230			
1	2			0 055			Calc. oolithique gris, plus compact.	
		229 230				Légère usure 1 m/m		
2	1			0 050			id.	id.
	119	229 180			0 575	Joint parfait		
3	2		229	0 525			id.	id.
		228 655				Pas d'usure		
4	120				0 080	En morceaux	id.	id.
		228 575				Usure 2 m/m 1/2		
5	121		228		0 655		id.	id.
		227 920				Usure 2 m/m 1/2		
6	122				0 685		id.	id. sauf à la base.
		227 235				Usure 2 m/m 1/2		
7	123		227		0 390		id.	id.
		226 845				Usure 2 m/m		
8	124				0 120		id.	id.
		226 725				Usure 2 m/m		
9	125				0 110		id.	bréchoïde.
		226 615				Usure 2 m/m		
10	126				0 295		id.	apports sableux.
		226 320				Usure 2 m/m		
11	127		226		0 350		id.	
		225 970				Usure accentuée 3 m/m		
1	1			0 100			id.	bréchoïde.
		225 870				Joint parfait		
2	128 2			0 275	1 095		id.	id.
		225 595				id.		
3	3		225	0 720			id.	id.
		224 875				Légère usure 1 m/m		
4	129				0 335		id.	id.
		224 540				Usure 2 m/m		
5	130				0 245		id.	id.
		224 295				Usure 2 m/m		
6	131		224		0 435		id.	id.
		223 860				Usure 2 m/m		
1	132				0 095		id.	id.
		223 765				Usure 2 m/m		
2	133				0 205		id.	id.
		223 560				Usure 2 m/m		
3	134				0 220		id.	id.
		223 340				Usure 2 m/m		
4	135				0 205		id.	id.
		223 135				Usure 2 m/m		
5	136		223		0 815		id.	id.
		222 320				Usure 2 m/m 1/2		
6	137				0 100		id.	id.
		222 220				Usure 2 m/m 1/2		
7	138				0 140		id.	id.
		222 080				Usure 2 m/m 1/2		
1	1		222	0 170				
	139	221 910			0 565	Joint parfait	A 221,94 changement de sédimentation qui devient purement calcaire.	
2	2			0 395				
		221 515				Usure accentuée 3 m/m	Roche plus claire.	

2 Septembre 1911. — N° 21

4 Septembre (mat.). — N° 22

4 Septembre (soir). — N° 23

N° 24

Ensemble des couches W, W', Y, Y'

Sondage n° 4. — Parement aval, rive droite

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes		
		221 515					
5 Septembre 1911. — N° 24 — 3	140 — 1	221 335		0 180	0 265	Joint presque parfait	Roche plus claire.
4	2	221 250		0 085		Usure accentuée 3 m/m	id.
5	141		221		0 390		La roche devient plus grise à 221
		220 860				id. 3 m/m	reapparition d'apport sableux hauteriviens.
6	1			0 560			Calc. oolith. gris-foncé, bréchoïde.
		220 300				Joint presque parfait	
7	2			0 240			id. id.
		220 060				Joint parfait	
8	3		220	0 135			id. id.
	142	219 925			1 335	id. éclats manquants d'un côté	id. id.
6 Septembre 1911 (matin). — N° 25 — 1	4			0 040			
		219 885				id.	id. plus compact.
2	5			0 105			
		219 780				id.	
3	6			0 255			Calc. oolithique plus compact et plus clair.
		219 525				Légère usure 1 m/m	
4	143				0 065	En 2 morceaux ficelés et deux autres fortement usés	id.
		219 460				Usure accentuée 3 m/m	
5	144				0 395		Calc. oolith. plus foncé, bréchoïde.
		219 065				Usure 2 m/m	
6	145		219		0 210		id.
		218 855				Usure 2 m/m	
7	1			0 290			Calc. oolith. à apports sableux abondants.
		218 565				Joint parfait	
8	146 — 2			0 110	0 475		id.
		218 455				id.	
6 Septembre (soir). N° 26 — 1	3			0 075			Calc. oolith. plus compact.
		218 380				Usure 2 m/m	
2	147		218		0 765		id. bréchoïde, plus sableux à la base.
		217 615				Usure 2 m/m	
3	148				0 320		Calc. oolith. à apports sableux abondants.
		217 295				Usure 2 m/m	
4	149		217		0 465		id.
		216 830				Usure 2 m/m	
7 Septembre 1911. — N° 27 — 1	1			0 045			id.
	150 — 1	216 785			0 370	Joint parfait	
2	2			0 325			id.
		216 460				Légère usure	
3	1			0 210			Plus calcaire à la base, cristaux de calcite.
		216 250				Joint parfait	
4	2			0 015			id.
		216 235				id.	
5	3			0 035			id. cristaux de calcite.
	151	216 200			0 440	id.	
6	4			0 045			Calcaire oolithique gris-foncé.
		216 155				id.	
7	5			0 035			id.
		216 120				Joint presque parfait	
8	6			0 100			id.
		216 020				Légère usure 1 m/m	

Couche Z — Ces sédiments arénacés sont siliceux.

CAROTTE PRIMITIVE — Date et numéro	NUMÉROTATION DÉFINITIVE	ALTITUDE DES JOINTS	POSITION DES MÈTRES	HAUTEUR des morceaux	HAUTEUR des carottes			
		216 020						
9	152 1	215 950	216	0 070	0 135	Joint parfait	Calc. oolith. gris, apports sableux.	Couche Z
10	152 2	215 885		0 065		Très légère usure 1/2 m/m	id.	
11	153 1	215 670		0 215	0 315	Joint parfait	Calc. oolith. plus clair au centre de la carotte.	
12	153 2	215 570		0 100		Légère usure 1 m/m	Calc. oolith. plus pur, fissures colmatées.	
13	154 1	215 475		0 095	0 135	Joint presque parfait	id. id.	
14	154 2	215 435		0 040		Légère usure 1 m/m	id. id.	
15	155	215 330			0 105	id. 1 m/m	id. apports sableux.	
16	156	215 175			0 155	Cassure nette	Zone plus calcaire et plus claire.	

7 Septembre 1911. — N° 27

TABLE DES MATIÈRES

Pages

Préface 5

Bibliographie 6

Fig. 1. — Le cañon du Rhône à l'emplacement du barrage. 7

Chapitre I. — **Le cours du Rhône et les projets d'aménagement.**

I. — Description sommaire du cours du Haut-Rhône de la frontière en aval de Bellegarde 7

Fig. 2. — Carte de la région du Haut-Rhône 8

Fig. 3. — Passerelle sous Arlod 9

II. — Hydrologie du Rhône 10

III. — Les projets d'utilisation du Rhône pour la force et la navigation 11

IV. — Avantages de la retenue 11

V. — Conditions nécessaires pour l'établissement d'un barrage 13

Fig. 4. — Le Défilé de l'Ecluse 16

Chapitre II. — **La constitution géologique des parois du bief.**

I. — La région amont et le défilé du Fort de l'Ecluse 16

Fig. 5-6. — Profil en long du Haut-Rhône français et plan d'ensemble de la retenue 18

II. — Du défilé de l'Ecluse à la perte du Rhône 19

III. — Dispositions tectoniques de la région aval 20

Fig. 7. — La perte du Rhône 20

Fig. 8. — Coupe géologique du cours du Rhône à la hauteur de Génissiat 21

IV. — Le cañon est une vallée d'érosion 22

Fig. 9. — Vue schématique du cañon du Rhône à Génissiat, montrant la disposition des couches ... 23

V. — Imperméabilité du cañon urgonien 25

Fig. 10. — La cascade du moulin Gabet 26

A. — Sources de la rive droite 26

B. — Sources de la rive gauche 27

C. — Diaclases 27

VI. — Conséquences actuelles et conséquences d'avenir 27

VII. — L'hypothèse de l'existence de diaclases longitudinales dans le lit du fleuve. 29

Fig. 11. — La passe de Monthoux 30

Fig. 12-16. — Schéma expliquant l'évolution du cañon du Rhône 31

Fig. 17. — Schéma montrant la formation des contrepentes rocheuses du lit d'un fleuve 33

Fig. 18. — Le naufrage du ponton, crue du 6 octobre 1909 34

CHAPITRE III. — **Etude du site de Génissiat au point de vue géologique.**

I. — Introduction 34
II. — De la numérotation des couches et de leurs résistances diverses à l'érosion 35
III. — Etude du lit rocheux du fleuve 36
Fig. 19. — Sondage au rail dans le lit du Rhône 37
Fig. 20. — Sondage au rail en temps de grosse crue 39
IV. — Etude des parois immergées (sondages au diamant) 39
A. — Utilité 39
B. — Installation 40
Fig. 21. — Sondage au diamant 40
Fig. 22. — Sondage au diamant, la machinerie 41
C. — Résultats des sondages au diamant 42
D. — Analyse des résultats des sondages au diamant 52
1° Absence de vides horizontaux 52
2° Vides obliques 53
3° Présence d'argile résiduaire 53
4° Résistance des roches rencontrées à l'écrasement 54
5° Comparaison des quatre sondages au diamant 55
V. — Etude des parois émergées 61
VI. — Etude du canal de fuite 65
Fig. 23. — Parement de la rive droite du canal de fuite 66
Fig. 24. — Parement de la rive gauche du canal de fuite 67
Fig. 25. — Le viaduc de Longeray 69

CHAPITRE IV. — **L'avenir du lac de Génissiat.**

I. — Le colmatage du bief 69
Fig. 26. — Schéma de l'alluvionnement lacustre 70
II. — Les matières en suspension en 1890 71
III. — Répartition des matières en suspension d'après le débit 74
Fig. 27. — Diagramme des matières en suspension dans le Rhône à Génissiat, en fonction du débit. 76
IV. — Pluviométrie de l'année 1890 et cube moyen des matières en suspension 77
V. — La décantation des matières en suspension 78
VI. — Le transport de l'alluvion sur le fond du lit 79
VII. — La lutte contre l'alluvionnement du lac 84
Fig. 28. — Passe de Malpertuis en été 87

CHAPITRE V. — **Observations sur les emplacements de Bellegarde et de Malpertuis.**

I. — Le barrage projeté de Bellegarde 87
Fig. 29. — Coupe détaillée des assises crétacées de la Perte du Rhône, d'après E. Renevier 89
II. — Le barrage projeté de Malpertuis 89
Fig. 30. — Le château de Génissiat 92

CHAPITRE VI. — **Discussion des opinions opposées à la construction du barrage de Génissiat** 92

Fig. 31. — Maquette des ouvrages projetés à Génissiat 95

CHAPITRE VII. — **Conclusions** 95

SONDAGES GÉOLOGIQUES

JOURNAUX DE SONDAGES.

Sondage n° 1. — Parement amont. — Rive droite 98
Sondage n° 2. — Parement aval. — Rive gauche 108
Sondage n° 3. — Parement amont. — Rive gauche 117
Sondage n° 4. — Parement aval. — Rive droite 125

PLANCHES HORS TEXTE

Planche I. — Esquisse perspective du cañon du Rhône de Malpertuis à Génissiat *(en couleurs).*

— II. — Coupe transversale du cañon du Rhône à l'emplacement du barrage projeté, avec détails des sondages au rail et au diamant et du canal de fuite.

— III. — Plan général et coupe longitudinale des ouvrages projetés à Génissiat.

— IV. — *Vues photographiques.* — La Glière.
— — — Diaclase oblique au cañon de Malpertuis.

— V. — — — Diaclases transversales au cañon à Malpertuis.

— VI. — — — Rapides de Malpertuis.
— — Etroit de Malpertuis.

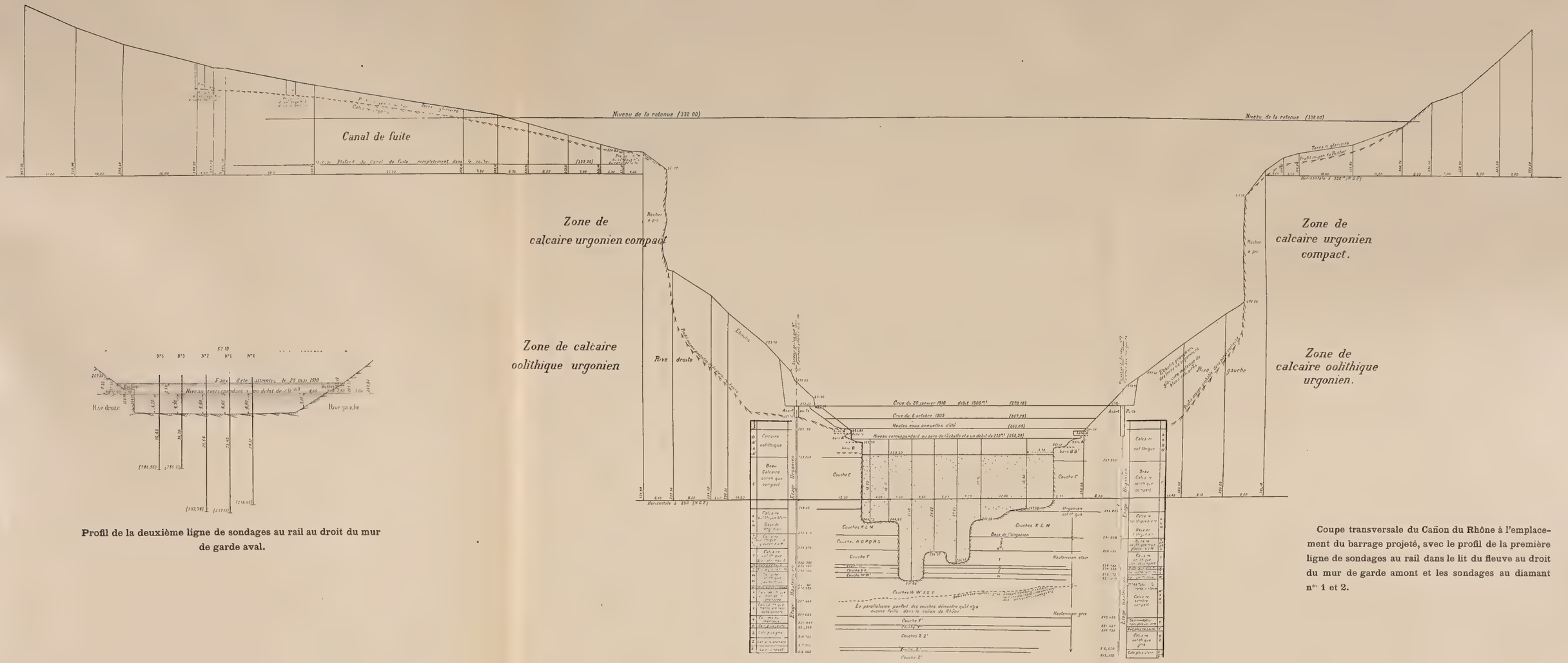
— VII. — — — Etroit de la Valserine.
— — Etroit de Monthoux.

ESQUISSE PERSPECTIVE
DU
CAÑON DU RHÔNE
DE MALPERTUIS A GÉNISSIAT

Les largeurs du fleuve et ses profondeurs sont à la même échelle.

Les profondeurs sont théoriques à l'exception de celles de Génissiat.

Profil de la deuxième ligne de sondages au rail au droit du mur de garde aval.



Coupe transversale du Cañon du Rhône à l'emplacement du barrage projeté, avec le profil de la première ligne de sondages au rail dans le lit du fleuve au droit du mur de garde amont et les sondages au diamant nºs 1 et 2.

Plan général et coupe des ouvrages projetés à Génissiat.

La Glière

Vue prise du Paradis, de l'aval vers l'amont

Au fond du cañon, on aperçoit la petite chute de la Glière,
qui se trouve en aval de Malpertuis

**Diaclase bâillante, oblique au canon,
à Malpertuis**

La cassure coupe la surface de la couche C
en amont de l'Étroit

Photographie prise de l'aval vers l'amont

Clichés M. Lugeon.

Photocollographie Tortellier à Arcueil, près Paris

Mém. Soc. géol. de France.

Géologie: S. 4: T. II: Pl. XI.

RIVE DROITE.

RIVE GAUCHE

DIACLASE.

Diaclase bâillante
à **Malpertuis**

Elle coupe transversalement l'Etroit

Photographie prise de la rive droite

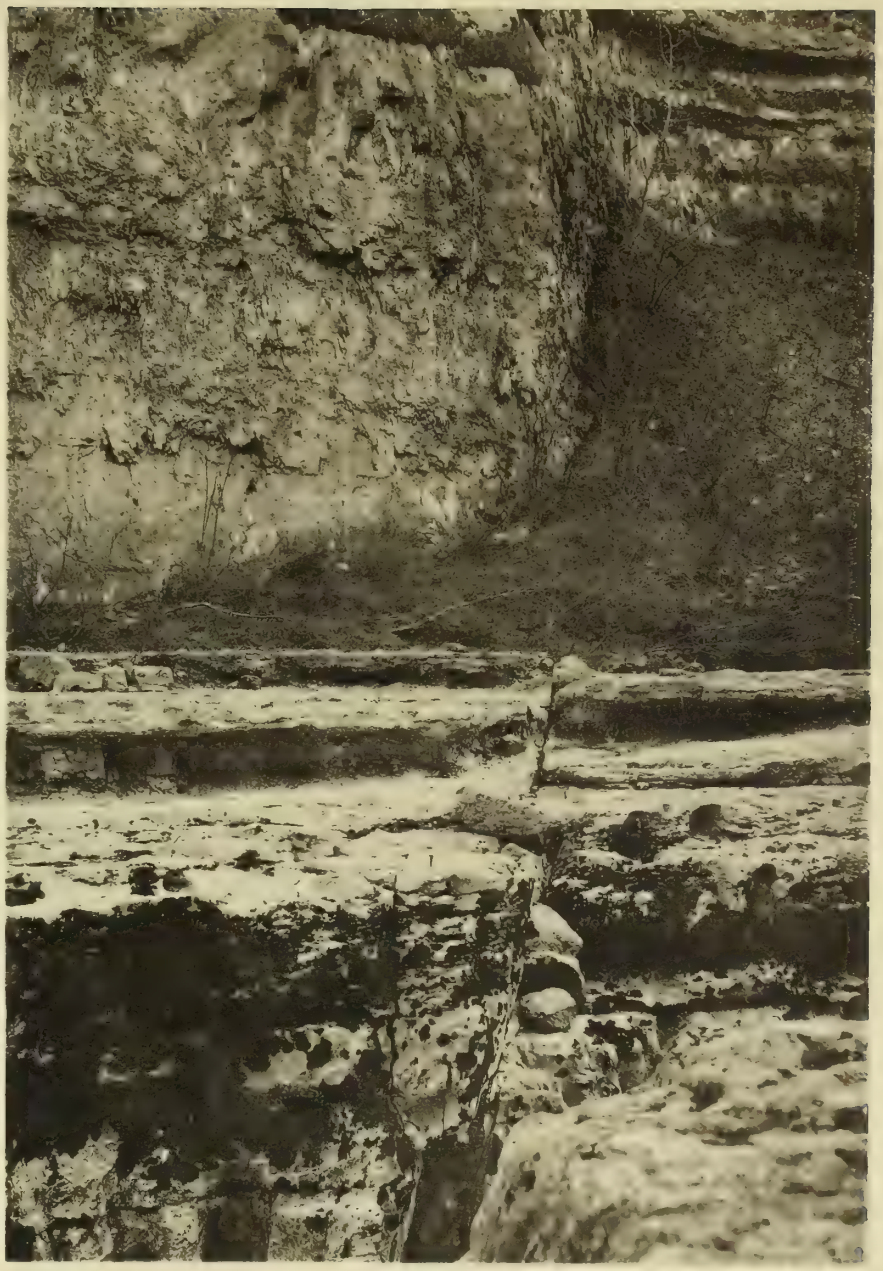
Faille bâillante
à Malpertuis

La cassure coupe transversalement l'Etroit ;
elle se prolonge dans la paroi du cañon

Photographie prise de la rive droite

Clichés M. Lugeon

Photocollographie Tortellier, à Arcueil, près Paris


LÈVRE AFFAISSÉE
LÈVRE SOULEVÉE
AMONT
FAILLE
AVAL

Rapides de Malpertuis

en amont de l'Etroit

Etroit de Malpertuis

aux basses eaux

Photographie prise de l'amont vers l'aval

Clichés M. Lugeon

Photocollographie Tortellier, à Arcueil, près Paris

RIVE DROITE.

RIVE GAUCHE.

Etroit de la Valserine

en amont du pont

Vue prise vers l'amont

Vue montrant l'indépendance du lit et d'une diaclase

Etroit de Monthoux

Vue prise de l'amont vers l'aval

Clichés M. Lugeon

Photocollographie Tortellier, à Arcueil, près Paris.

RIVE DROITE. DIACLASE. RIVE GAUCHE.

Tome VIII (1865-1868). Complet..... Fr. 24

1. Terquem et Piette. — Le Lias inférieur de l'Est de la France, comprenant la Meurthe, la Moselle, le Grand-Duché de Luxembourg, la Belgique et la Meuse. 176 p., 18 pl. (Fr. 12). — 2. F. Brossard. Essai sur la constitution physique et géologique des régions méridionales de la subdivision de Sétif (Algérie). 114 p., 3 pl. (Fr. 4). — 3. G. de Saporta. Prodrome d'une flore fossile des travertins anciens de Sézanne. 150 p., 15 pl. (Fr. 8).

Tome IX (1871-1873). Complet..... Fr 24

1. Terquem et Jourdy. Monographie de l'étage bathonien dans le département de la Moselle. 176 p., 15 pl. (Fr. 10). — 2. G. Cotteau. Notice sur le genre *Asterostoma*. 8 p., 2 pl. (Fr. 1). — 3. H. Magnan. Mémoire sur la partie inférieure du terrain de craie des Pyrénées françaises et des Corbières. 82 p., 2 tabl., 2 pl. (Fr. 4). — 4. A. Toucas. Sur les terrains crétacés des environs du Bausset (Var). 66 p., 1 carte (Fr. 4.) — 5. P. Gervais. Mémoire sur plusieurs espèces de Mammifères fossiles propres à l'Amérique méridionale. 44 p., 9 pl. (Fr. 6).

Tome X (1874-1877) Complet..... Fr. 24

1. H. Magnan. Matériaux pour une étude stratigraphique des Pyrénées et des Corbières. Les roches ophitiques et les terrains qui les renferment. Remarques sur la formation des montagnes pyrénéennes et corbiérennes, et notamment sur l'importance des failles et des érosions (Mémoire posthume). 112 p., 4 pl. (Fr. 6.) — 2. H.-E. Sauvage. Mémoire sur les Dinosauriens et les Crocodiliens des terrains jurassiques de Boulogne-sur-Mer. 64 p., 6 pl. (Fr 6). — 3. Terquem et Berthelin. Etude microscopique des marnes du Lias moyen d'Essey-lez-Nancy, zone inférieure de l'assise à *A. margaritatus*. 136 p., 10 pl. (Fr. 6). — 4. H. Arnaud. Mémoire sur le terrain crétacé du sud-ouest de la France. 110 p., 3 tabl., 8 pl. (Fr. 8).

Troisième Série (1877-1890)

Tome I (1877-1880). Complet..... Fr 24

1. H.-E. Sauvage. Mémoire sur les *Lepidotus maximus* et *L. palliatus*, 30 p., 2 pl. (Fr. 4). — 2. P. Fischer. Paléontologie des terrains tertiaires de l'île de Rhodes (avec la collaboration de MM. Cotteau, Manzoni et Tournouër). 78 p., 3 pl. (Fr. 6). — 3. O. Terquem. Les Foraminifères et les Entomostracés Ostracodes du Pliocène supérieur de l'île de Rhodes. 136 p., 14 pl. (Fr. 6). — 4. H.-E. Sauvage et F. Liénard. Mémoire sur le genre *Machimosaurus*. 32 p., 4 pl. (Fr. 4). — 5. Berthelin. Mémoire sur les Foraminifères de l'étage albien de Moncley (Doubs). 84 p., 2 tabl., 4 pl. (Fr. 6).

Tome II (1881-1882) Complet..... Fr. 24

1. D. Œhlert. Documents pour servir à l'histoire des faunes dévoniennes dans l'ouest de la France. 38 p., 6 pl. (Fr 6). — 2. J. de Morgan. Mémoire sur les terrains crétacés de la Scandinavie. 48 p., 2 pl. (Fr. 4) — 3. Terquem. Les Foraminifères de l'Eocène des environs de Paris. 104 p., 20 pl (Fr. 10). — 4 H.-E. Sauvage. Recherches sur les Reptiles trouvés dans le Gault de l'Est du bassin de Paris. 42 p., 4 pl. (Fr. 4).

Tome III (1883-1885). Complet..... Fr. 24

1. Cossmann et Lambert. Etude paléontologique et stratigraphique sur le terrain oligocène marin des environs d'Etampes. 188 p., 1 tabl., 6 pl. (Fr. 10). — 2. Ph. Thomas. Recherches stratigraphiques et paléontologiques sur quelques formations d'eau douce de l'Algérie. 54 p., 1 tabl., 5 pl. (Fr. 4). — 3. Cossmann. Contribution à l'étude de la faune de l'étage bathonien en France (Gastropodes). 374 p., 18 pl. (Fr. 12).

Tome IV (1885-1887). Complet..... Fr. 30

1. Terquem. Les Entomostracés Ostracodes du système oolitique de la zone à *Am. Parkinsoni* de Fontoy (Moselle) 46 p., 6 pl. (Fr. 4). — 2. Terquem. Les Entomostracés Ostracodes du Fuller's Earth des environs de Varsovie. 112 p. 12 pl. (Fr 6). — 3. C. Grand'Eury. Formation des couches de houille et du terrain houiller 196 p., 10 pl. (Fr. 20).

Tome V (1888-1890). Complet..... Fr. 30

1. H. Filhol. Etudes sur les Vertébrés fossiles d'Issel (Aude). 186 p., 21 pl. (Fr. 16). — 2. G. Cotteau. Echinides éocènes de la province d'Alicante (deux parties) 107 p., 16 pl. (Fr. 14).

Quatrième Série (en cours)

Tome I. (1905-1911). Complet..... Fr. 40

1. A. Dollot, P. Godbille et G. Ramond. Les grandes plâtrières d'Argenteuil (Seine-et-Oise). Historique, génèse et distribution des formations gypseuses de la région parisienne. 48 p., 7 fig., 4 pl. (Fr. 5). — 2. P.-L. Prever. Aperçu géologique sur la colline de Turin. 48 p., 7 fig., 1 carte (Fr. 8). — 3-4-5 G. Zeil. Contribution à l'étude géologique du Haut-Tonkin. H. Lantenois. Note sur la géologie de l'Indo-Chine. René de Lamothe. Note sur la géologie du Cambodge et du Bas-Laos. 80., 1 pl., 3 cartes (Fr. 12). — Général de Lamothe. Les anciennes lignes de rivage du Sahel d'Alger et d'une partie de la côte algérienne. 288 p., fig., 3 pl., 1 carte. (Fr. 15).

Tome II. (1912).

1. Léon Carez. Résumé de la géologie des Pyrénées françaises. 132 p., fig., 1 pl. et 6 cartes en couleurs (Fr. 15). — 2. Maurice Lugeon. Etude géologique sur le projet de barrage du Haut-Rhône français, à Génissiat (près de Bellegarde). 136 p., 31 fig., 3 pl. de plan et coupes, 4 pl. de vues.

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

Secrétariat et Bibliothèque : 28, rue Serpente, Paris, VI

L'objet de la Société est de concourir à l'avancement de la Géologie en général et particulièrement de faire connaître le Sol de la France, tant en lui-même que dans ses rapports avec les Arts industriels et l'Agriculture.

Le nombre des membres de la Société est illimité. Les Français et les Étrangers peuvent également en faire partie. Il n'existe aucune distinction entre les membres.

Pour faire partie de la Société, il faut : soit se faire présenter par deux de ses membres, soit adresser une demande au Secrétariat.

Chaque membre paye : 1° *un droit d'entrée de 20 francs* ; 2° *une cotisation annuelle de* **30 francs.**

La cotisation annuelle peut, au choix de chaque membre, être remplacée par le versement unique de la somme de **400 francs.**

Sont **Membres à perpétuité** les personnes qui ont donné ou légué à la Société un capital dont la rente représente au moins la cotisation annuelle (minimum : **1.000 francs**).

Exceptionnellement, sur la demande de leurs parrains, les nouveaux membres peuvent n'acquitter, la première année, que leur droit d'entrée, en versant la somme de 20 francs. Le Compte Rendu sommaire des séances *de l'année courante leur est envoyé gratuitement; mais ils ne reçoivent le* Bulletin *que la deuxième année et doivent alors payer la cotisation de 30 francs. Ils jouissent, d'ailleurs, des autres droits des membres de la Société.*

La Société tient ses séances habituelles à Paris, de novembre à juillet. Elle se réunit *deux fois par mois : en général, le premier lundi, à 8 h. 1/2 du soir et le troisième lundi à 5 heures.*

Pour assister aux séances, les personnes étrangères à la Société doivent être accompagnées chaque fois par un de ses membres.

Les membres de la Société ne peuvent lire devant elle aucun ouvrage déjà imprimé. Aucune communication ou discussion ne peut avoir lieu sur des objets étrangers à la Géologie ou aux Sciences qui s'y rattachent.

Chaque année, de juillet à novembre, la Société tient une ou plusieurs *séances extraordinaires* sur un point qui aura été préalablement déterminé (Excursions en France ou à l'Étranger). D'autres excursions sont organisées, s'il y a lieu, au cours de l'année.

Les membres reçoivent gratuitement le Compte Rendu sommaire de chaque séance (1 vol. annuel, 8°, d'environ 200 pages).

De plus, le **Bulletin périodique des travaux de la Société est délivré gratuitement à chaque membre** (1 volume annuel, 8°, d'environ 800 pages, avec cartes, planches, vues. Prix en librairie : 30 francs).

Les membres n'ont droit de recevoir que les volumes des années du *Bulletin* pour lesquelles ils ont payé leur cotisation. Toutefois, les volumes correspondant aux années antérieures à leur entrée dans la Société leur sont cédés avec une remise de 50 0/0.

Les auteurs peuvent faire faire à leurs frais des tirages à part des notes publiées au *Compte Rendu sommaire* et au *Bulletin*.

La Société publie également des *Mémoires de Géologie* (4°) et des *Mémoires de Paléontologie* (4°), qui sont vendus aux membres de la Société avec une réduction de 20 à 50 0/0 sur les prix de librairie.

Une **bibliothèque** considérable **est à la disposition des membres** de la Société **tous les après-midi**. Elle renferme les traités usuels anciens et modernes, plus de 20.000 ouvrages, brochures, atlas, etc., et le plus grand nombre des périodiques, français et étrangers, intéressant la géologie. *Les volumes peuvent en être empruntés par tous les membres de la Société*, moyennant une légère rétribution destinée à solder les frais de manutention et d'expédition.

Pour renseignements, s'adresser au Secrétariat, 28, *rue Serpente*, Paris (VI).

MCZ ERNST MAYR LIBRARY
3 2044 128 383 684